



JAEA-Data/Code

2009-019

クリアランスレベル検認評価システムの開発Ⅰ 評価対象核種選定プログラムの作成

Development of Clearance Level Verification Evaluation System I
Fabrication of Program for Selection of Nuclides for Measurement
and Assessment

立花 光夫 石神 努

Mitsuo TACHIBANA and Tsutomu ISHIGAMI

バックエンド推進部門
バックエンド技術開発ユニット

Nuclear Cycle Backend Technology Development Unit
Nuclear Cycle Backend Directorate

JAEA-
Data/
Code

February 2010

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

クリアランスレベル検認評価システムの開発 I
評価対象核種選定プログラムの作成

日本原子力研究開発機構
バックエンド推進部門 バックエンド技術開発ユニット
立花 光夫・石神 努

(2009 年 12 月 9 日 受理)

原子力機構では、原子炉施設の廃止措置等に伴う多量の廃棄物に対するクリアランス作業が計画されている。このような廃棄物に対するクリアランス作業の軽減と効率化を図り、安全で確実な廃棄物のクリアランスを支援するクリアランスレベル検認評価システム（CLEVES）の開発を進めている。このうち、放射能濃度確認規則等にクリアランスレベルが示された規制 33 核種の中からクリアランス対象物の汚染性状（放射化の汚染、二次的な汚染）、汚染源に応じた相対重要度等を評価し、規制当局の基準に応じた評価対象核種の選定を支援する評価対象核種選定プログラムを作成した。

また、作成した評価対象核種選定プログラムにより原子力機構で進めているクリアランス作業でのデータを用いて試計算を行った。その結果、評価対象核種の選定は、汚染性状毎に評価を行う総合評価法で行うことが合理的であるが、汚染性状毎の正確な推定放射能濃度等の評価が困難な場合、汚染源毎に評価を行う個別評価法により安全に評価対象核種の選定が可能であることが分かった。

ここでは、評価対象核種選定プログラムの概要及び本プログラムによる原子力機構でのクリアランス作業を対象とした試計算の結果を述べる。

Development of Clearance Level Verification Evaluation System I
Fabrication of Program for Selection of Nuclides for Measurement and Assessment

Mitsuo TACHIBANA and Tsutomu ISHIGAMI

Nuclear Cycle Backend Technology Development Unit
Nuclear Cycle Backend Directorate
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 9, 2009)

Clearance activities for a large amount of waste with decommissioning of nuclear reactor facilities have been planned in the Japan Atomic Energy Agency (JAEA). To improve efficiency of clearance activities, the clearance level verification evaluation system (CLEVES) has been developed to support safe and secure clearance of wastes. Program for selection of nuclides for measurement and assessment was fabricated for selecting nuclides to be evaluated based on relative importance measure for nuclides according to contamination source or contamination property of clearance objects.

In addition, case studies were carried out by using the program for selection of nuclides for measurement and assessment based on data concerning actual clearance activities in the JAEA. As a result, it is reasonable to select nuclides for measurement and assessment by the total evaluation method which evaluates relative importance measure of each contamination property. However, it has been found to be able to select nuclides for measurement and assessment safely by the individual method which evaluates relative importance measure of each contamination source, when it is difficult to analyze evaluated activity of nuclide.

In this report, outline of program for selection of nuclides for measurement and assessment and calculated results of case studies by using the program was described.

Keywords: Clearance, CLEVES, Decommissioning, Clearance Verification Measurement, Nuclides for Measurement and Assessment, Relative Importance Measure

目 次

1.はじめに.....	1
2.評価対象核種の選定に係る基本条件.....	1
2.1 原子力安全委員会の考え方.....	2
2.2 クリアランスに関する規則及び内規.....	2
2.2.1 クリアランスに関する規則.....	2
2.2.2 クリアランスに関する内規.....	3
2.3 クリアランス基準に関するガイダンス.....	3
2.4 日本原子力学会標準の考え方.....	4
3. CLEVES の概要.....	4
4. 評価対象核種選定プログラムの概要.....	5
4.1 汚染源の選択.....	5
4.2 推定放射能濃度等の入力.....	6
4.3 相対重要度等の評価.....	6
4.3.1 個別評価法.....	6
4.3.2 総合評価法.....	8
4.4 評価対象核種の選定.....	9
4.4.1 汚染性状の寄与率の評価.....	9
4.4.2 評価対象核種の選定方法.....	10
4.5 評価対象核種の確認.....	13
5. 試計算.....	13
6. まとめ.....	15
謝 辞	15
参考文献.....	16
付録-A 汚染のないことの判断基準.....	28
付録-B クリアランスレベル検認評価システム（CLEVES）－評価対象核種選定プログラム ver.1.0－ 操作マニュアル.....	29

Contents

1. Introduction	1
2. Basic condition of selection of nuclides for measurement and assessment	1
2.1 Concept of Nuclear Safety Commission	2
2.2 Ordinance and bylaw concerning clearance	2
2.2.1 Ordinance concerning clearance	2
2.2.2 Bylaw concerning clearance	3
2.3 Guidance concerning clearance criterion	3
2.4 Concept of technical standards of Atomic Energy Society of Japan	4
3. Outline of CLEVES	4
4. Outline of program for selection of nuclides for measurement and assessment	5
4.1 Selection of contamination source	5
4.2 Input of evaluated activity of nuclide	6
4.3 Evaluation of relative importance measure	6
4.3.1 Individual evaluation method	6
4.3.2 Total evaluation method	8
4.4 Selection of nuclides for measurement and assessment	9
4.4.1 Evaluation of contributing rate of contamination property	9
4.4.2 Selection method of nuclides for measurement and assessment	10
4.5 Confirmation of nuclides for measurement and assessment	13
5. Case studies	13
6. Summary	15
Acknowledgment	15
References	16
 Appendix-A Criterion for judgment of non-contamination	28
Appendix-B Operating manual of program for selection of nuclides for measurement and assessment (CLEVES ver.1.0)	29

図表リスト

- 表 1 クリアランスレベル
- 表 2 コンクリートの放射化の計算結果
- 表 3 総合評価法による計算結果（二次的な汚染）
- 表 4 個別評価法による計算結果（核分裂生成物）
- 表 5 個別評価法による計算結果（腐食生成物）

- 図 1 NISA 文書に規定された評価対象核種の選定フロー
- 図 2 日本原子力学会標準に示された評価対象核種の選定フロー
- 図 3 クリアランスレベル検認評価システムの概要
- 図 4 クリアランス作業における CLEVES の位置付け
- 図 5 評価対象核種選定プログラムのメインフロー
- 図 6 汚染源の選択フロー
- 図 7 推定放射能濃度等の入力フロー
- 図 8 個別評価法による相対重要度等の評価フロー（放射化の汚染の例）
- 図 9 総合評価法による相対重要度等の評価フロー（二次的な汚染の例）
- 図 10 評価対象核種の選定フロー
- 図 11 評価対象核種の確認フロー

Tables and Figures Captions

- Table 1 Clearance levels
Table 2 Calculated results of Activation of concrete
Table 3 Calculated results by total evaluation method (Secondary contamination)
Table 4 Calculated results by individual evaluation method (Fission products)
Table 5 Calculated results by individual evaluation method (Corrosion products)
- Figure 1 Flow for selecting nuclides for measurement and assessment in bylaw of the NISA
Figure 2 Flow for selecting of nuclides for measurement and assessment in technical standards of the AESJ
Figure 3 Outline of the CLEVES
Figure 4 Positioning of the CLEVES in clearance activities
Figure 5 Main flow of program for selection of nuclides for measurement and assessment
Figure 6 Flow for selecting contamination source
Figure 7 Flow for inputting evaluated activity of nuclide
Figure 8 Flow for evaluating relative importance measure by the individual evaluation method
(Example of activated contamination)
Figure 9 Flow for evaluating relative importance measure by the total evaluation method
(Example of secondary contamination)
Figure 10 Flow for selecting nuclides for measurement and assessment
Figure 11 Flow for confirming nuclides for measurement and assessment

1. はじめに

日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という）は、昭和30年代以降に建設され、これまで原子力研究開発に供してきた原子炉施設、核燃料使用施設、研究施設等の多種多様な原子力施設を有している。これらの原子力施設の中には、既にその使命を終え、廃止措置の時期を迎えた施設や今後廃止措置に移行する施設がある。原子力施設の廃止措置の実施にあたっては、廃止措置に伴って発生する多量な廃棄物の処理・処分等が重要な課題である。

このため、原子力機構では、原子力施設の廃止措置等に伴う多量の廃棄物に対するクリアランス作業が計画されている。我が国では、日本原子力発電株の東海発電所における解体作業に伴って発生した金属に対するクリアランス作業と原子力機構のJRR-3の撤去に伴って発生し保管管理しているコンクリート廃棄物のクリアランス作業が現在行われているだけである。

このため、放射性廃棄物として扱う必要のない廃棄物をクリアランスするためのクリアランスレベル検認技術を確立することは、原子力機構が有する多数の原子力施設の廃止措置を合理的かつ安全に実施する上での重要な課題の1つである。

この課題を解決するためには、クリアランスレベル検認の実施手順を具体化するとともに、クリアランス対象物を安全で確実に判断する際の一連の作業を効率的かつ迅速に実施するためのクリアランスレベル検認評価システム（CLEVES）を開発することが必要となる。

ここでは、原子力機構における原子炉施設の廃止措置等に伴って発生する廃棄物に適用可能なCLEVESを開発し、原子力機構の代表的な施設から収集した放射能測定結果等のデータを用いてシステムの検証を実施することにより、その有効性を確認し、クリアランスレベル検認技術の確立に資する。

本報告では、CLEVESのうちクリアランス対象物の汚染性状（放射化の汚染、二次的な汚染）、汚染源に応じた相対重要度等を評価し、規制当局の基準に応じた評価対象核種の選定を支援する評価対象核種選定プログラムの概要及び本プログラムによる原子力機構でのクリアランス作業を対象とした試計算の結果について述べる。

2. 評価対象核種の選定に係る基本条件

クリアランスレベル検認の対象とする評価対象核種を選定するに当たっては、原子力安全委員会におけるクリアランスレベルの算出及びクリアランスレベル検認に関する報告書、関係法令、内規、ガイダンス及び日本原子力学会標準を遵守及び参考とする必要がある。

以下に、各種報告書、関係法令等におけるクリアランスレベル検認に際する評価対象核種の選定に係る基本条件の概要を示す。

2.1 原子力安全委員会の考え方

原子力安全委員会は、検認のあり方¹⁾において、評価対象核種の選定に関する基本的な考え方を次のように示している。

クリアランスレベル検認の際の評価対象核種は重要核種としている。重要核種は、炉型、クリアランス対象物及び汚染経路毎の推定放射能濃度をもとに評価したものであるため、その前提が大きく異なることが必要である。具体的には、重要核種は、クリアランスレベル C と原子炉施設の廃止措置等に伴い発生する廃棄物等の推定放射能濃度 D との比(D/C)から相対重要度を評価して抽出している。ここで、相対重要度とは、炉型、クリアランス対象物及び汚染経路毎に最大となった核種の D/C を 1 として、他の核種の D/C を規格化したものである。すなわち、クリアランス対象物は、放射線量評価の観点から重要核種以外の核種の影響が十分に小さいことを確認する必要がある。このため、クリアランスレベル検認に際しては、重要核種以外の核種の D/C の総和が 10%未満であることを確認し、D/C の総和が 10%を越えるような核種が存在する場合には、その核種を評価対象核種に追加するなどの考慮が必要であるとしている。

なお、クリアランス報告書²⁾では、軽水炉及びガス炉における重要核種として、H-3、Mn-54、Co-60、Sr-90、Cs-134、Cs-137、Eu-152、Eu-154、Pu-239、Am-241 を示し、検認のあり方では Pu-239 及び Am-241 を全 α 核種としてまとめて示している。

重水炉及び高速炉における重要核種は、生体遮へい体に重コンクリートが使用されている重水炉については上記の 10 核種に Ba-133 を追加し、生体遮へい体に黒鉛が使用されている高速炉については上記の 10 核種に C-14 を追加している³⁾。ここでは、生体遮へい体に重コンクリートが使用されている重水炉として JRR-2、黒鉛が使用されている高速炉として常陽が挙げられている。

2.2 クリアランスに関する規則及び内規

経済産業省令及び文部科学省令のクリアランスに関する規則、原子力安全・保安院の内規では、評価対象核種の選定に関して以下のように規定している。

2.2.1 クリアランスに関する規則

(1)経済産業省令

経済産業省令 112 号(平成 17 年)⁴⁾（以下、「放射能濃度確認規則」とする）では、評価対象核種の選定に関し、第 6 条第 1 号において、「評価に用いる放射性物質は、放射能濃度確認対象物中に含まれる放射性物質のうち、放射線量を評価する上で重要となるものであること。」と記述されている。

ここで、放射性物質は核種、評価に用いる放射性物質は評価対象核種、放射能濃度確認対象物はクリアランス対象物を示している。

(2)文部科学省令

文部科学省令 49 号(平成 17 年)⁵⁾では、評価対象核種の選定に関し、第 6 条第 2 号において、「評価対象放射性物質は、測定評価単位に含まれる放射性物質のうち放射線量を評価する上で重要な

なるものであること。」と記述されている。

ここで、評価対象放射性物質は評価対象核種を示している。

2.2.2 クリアランスに関する内規

原子力安全・保安院では、放射能濃度確認規則第6条の放射能濃度の測定及び評価の方法の認可の基準の適用にあたっての留意点をNISA文書^⑥に示している。ここでは、評価対象核種の選定について、以下の留意点が示されている。

①評価に用いる核種は、原子力安全委員会が選定した核種（H-3、Mn-54、Co-60、Sr-90、Cs-134、Cs-137、Eu-152、Eu-154、Pu-239、Am-241）を含んでいることを確認すること。

②原子炉の運転状況、炉型又は構造等の特性を考慮し、①以外の核種であっても放射線量を評価する上で影響をもたらすことが予想される核種がある場合については、当該核種が評価に用いる核種に含まれていることを確認すること。

具体的には、①以外の核種に係るΣD/Cが、全ての核種に係るΣD/C（総ΣD/C）の10%未満にとどまらない場合には、①以外に放射線量を評価する上で影響をもたらすことが予想される核種がある場合として取り扱うこととする。また、この場合、①以外の核種のうちD/Cの高い核種を順に評価に用いる核種に追加することにより、評価に用いる核種以外の核種に係るΣD/Cが総ΣD/Cの10%未満となることを確認しなければならない。

ここで、評価に用いる核種は評価対象核種を示している。

2.3 クリアランス基準に関するガイダンス

独立行政法人原子力安全基盤機構（以下、「JNES」とする）は、経済産業省管轄の原子炉施設を対象としたクリアランス基準に関するガイダンス^⑦（以下、「JNESガイダンス」とする）を取り纏め、その中で評価対象核種の選定について、次のように示している。

一般に、同じ濃度の核種であっても、放射される線質やエネルギーは核種固有のものであり、核種によってクリアランスレベルを導出する前提となるシナリオでの化学的挙動が異なることから、核種による人体への影響の度合いは異なるものである。したがって、評価対象核種の選定においても核種毎にその影響度を考慮する必要があるとしている。

核種毎の人体への影響度の考慮として、核種濃度Dを対象核種のクリアランスレベルCで除した値(D/C)で判断することとしている。ここで、D/Cを用いた選定フローとして、図1にNISA文書に規定された評価対象核種選定の基本フローを示している。また、H-3、Mn-54、Co-60、Sr-90、Cs-134、Cs-137、Eu-152、Eu-154、Pu-239、Am-241の重要核種については、クリアランスレベル検認における評価対象の必須核種としている。

なお、NISA文書における評価対象核種の選定にあたっての原子炉の運転状況、炉型又は構造等の特性の考慮に関して、ガス炉である東海発電所では、減速材に黒鉛を使用していたことから、C-14を評価対象核種に追加していることが一例として示されている。発電用である重水炉「ふげ

ん」及び高速炉「もんじゅ」については、軽水炉と同様の材料が用いられていることから、重要核種についても同じく10核種としている。しかし、NISA文書においては、生体遮へい体に重コンクリートが使用されている重水炉及び生体遮へい体に黒鉛が使用されている高速炉の重要核種については触れられていない。

2.4 日本原子力学会標準の考え方

クリアランスの判断方法に関する日本原子力学会標準⁸⁾では、評価対象核種の選定について次のように示している。

- ①炉型、汚染性状、主要材料に応じて、代表的な放射化の汚染及び二次的な汚染の推定放射能濃度を評価し、重要核種以外の核種のD/Cを求め、当該D/Cの総和が重要核種及び重要核種以外の核種のD/Cの総和の10%未満であることを確認し、重要核種を評価対象核種とする。
- ②重要核種以外の核種のD/Cの総和が重要核種及び重要核種以外の核種のD/Cの総和の10%を越える場合は、重要核種以外でD/Cの大きな核種を追加し、重要核種及び追加した核種以外の核種のD/Cの総和が10%未満となるような核種を選定し、重要核種及び追加した核種を評価対象核種とする。

上記考え方に基づいた評価対象核種の選定方法として図2に示すようなフローが示されている。

3. CLEVES の概要

CLEVES (Clearance L_Evel V_Ertification E_Vuation S_Ystem) は、クリアランス対象物に関する各種データを評価し、クリアランス作業の軽減と効率化を図るとともに安全で確実な検認測定を支援するコンピュータシステムとして、以下の5種類のプログラム(図3参照)を用いて図4に示すようにクリアランス作業の段階に応じて適切な支援を行う。

なお、プログラムの作成にあたっては、原子力安全委員会におけるクリアランスレベルの算出及びクリアランスレベル検認に関する各種報告書、関係法令、内規、ガイドライン及び日本原子力学会標準を遵守及び参考とし、施設に応じた適切な評価が可能となるものとした。

各プログラムの概要を以下に示す。

評価対象核種選定プログラム：クリアランス対象物の汚染状況に応じた相対重要度等の計算等による評価対象核種の選定を支援する。

核種組成比評価プログラム：試料の放射化学分析結果等に基づくグループ分類毎の汚染形態に応じた主要核種と評価対象核種の相關関係等の評価による核種組成比と平均放射能濃度の検討を支援する。

安全裕度評価プログラム：核種組成比や平均放射能濃度の変動幅等を考慮した評価対象核種の

濃度等のばらつきを評価し、核種組成比や平均放射能濃度の妥当性評価を支援する。

核種濃度評価プログラム：検認測定結果と放射能濃度換算係数等による検認測定方法や核種濃度評価方法に応じた評価対象核種濃度の評価を支援する。

管理計画支援プログラム：クリアランス判断の信頼性維持に必要な保管・管理・搬出等の品質管理計画を支援する。

4. 評価対象核種選定プログラムの概要

評価対象核種選定プログラムでは、原子炉施設の種類や構造等の特徴を考慮し、クリアランス対象物の放射線量を評価する上で影響をもたらすことが予想される評価対象核種について次のように選定する。

クリアランス対象物の汚染性状(二次的、放射化、混在)に応じた汚染源を選択し、汚染源毎の推定放射能濃度等を入力する。次に、個別評価法又は総合評価法により推定放射能濃度等から相対重要度、相対重要度比等を評価する。その後、相対重要度比等を用い、施設種別毎の規制当局(METI、MEXT)の基準に応じて、規制33核種の中から評価対象核種を選定する。

具体的には、評価対象核種選定プログラムでは、以下に示す①汚染源の選択、②推定放射能濃度等の入力、③相対重要度等の評価（個別評価法、総合評価法）、④評価対象核種の選定、⑤評価対象核種の確認、の項目における各種評価を通して評価対象核種を選定する。図5に評価対象核種選定プログラムのメインフローを示す。

- | | |
|--------------|--|
| ①汚染源の選択 | : クリアランス対象物の汚染源を設定する。 |
| ②推定放射能濃度等の入力 | : 汚染源毎の推定放射能濃度等を入力する。 |
| ③相対重要度等の評価 | |
| －個別評価法 | : 推定放射能濃度等を用いて汚染源毎に相対重要度、相対重要度比等を評価する。 |
| －総合評価法 | : 推定放射能濃度等を用いて汚染性状（放射化の汚染、二次的な汚染）毎に相対重要度、相対重要度比等を評価する。 |
| ④評価対象核種の選定 | : METI方式又はMEXT方式により汚染源又は汚染性状毎に評価対象核種を選定する。 |
| ⑤評価対象核種の確認 | : クリアランス対象物の評価対象核種を確定する。 |

4.1 汚染源の選択

汚染源の選択では、クリアランス対象物の発生場所や使用履歴等から汚染性状（放射化の汚染、二次的な汚染）毎に想定される全ての汚染源を設定する。図6に汚染源の選択フローを示す。なお、汚染性状が混在汚染の場合には、放射化の汚染と二次的な汚染の両方の汚染源を設定する。

汚染源とは、クリアランス対象物に想定される汚染の原因となる発生源のことであり、原子炉

施設では汚染性状により以下のものが考えられる。

放射化の汚染に関する汚染源は、原子炉施設の運転に伴って発生する中性子により放射化した機器・構造物であり、その主要構成材であるコンクリート、ステンレス鋼、炭素鋼、アルミニウム等が考えられる。

放射化の汚染がないことが明かで無いものは、放射化の汚染について考慮する必要がある。なお、検認のあり方には、放射化の汚染のないことが明かであることの判断基準が示されている（付録-A 参照）。

二次的な汚染に関する汚染源には、燃料棒 FP、燃料表面 FP、構造材 CP、冷却材の放射化等が考えられる。燃料棒 FP とは、運転中に発生する燃料破損に伴って冷却材中に放出される核分裂生成物である。燃料表面 FP とは、燃料製造時に燃料表面に付着した UO_2 等が冷却材中へ放出し、生成される核分裂生成物及び中性子捕獲生成物である。構造材 CP とは、冷却材に接する機器表面が運転中に冷却材に溶け出し、生成される腐食生成物である。冷却材の放射化とは、運転中に冷却材自身が放射化したものである。

4.2 推定放射能濃度等の入力

推定放射能濃度等の入力では、汚染源の選択で設定したクリアランス対象物の汚染性状（放射化の汚染、二次的な汚染）における汚染源毎に推定放射能濃度等 D_{aij0} 又は D_{sij0} を入力する。図7 に推定放射能濃度等の入力フローを示す。

推定放射能濃度等の単位は、 Bq/g が基本であるが、入力するデータは汚染源の評価方法により異なるため、リストボックスに表示される Bq/cm^2 、 Bq/l 、 Bq/cm^3 、 Bq 等から入力するデータに応じた任意の単位を選択できる。

さらに、推定放射能濃度等を入力する核種の種類は、放射能濃度確認規則等にクリアランスレベルが示された規制 33 核種である。

また、汚染源によって推定放射能濃度等の評価日が異なるため、汚染源毎に推定放射能濃度等の評価日 t_{aEST} を設定する。

なお、推定放射能濃度等は、評価対象核種設定日による減衰補正により非常に小さくなるため、切捨て濃度 D_{cut} を設定し、以降の評価において、切捨て濃度未満の核種については、その値を「0」として取り扱う。

4.3 相対重要度等の評価

相対重要度等の評価では、個別評価法又は総合評価法において各汚染源又は各汚染性状について相対重要度等を評価する。以下に各評価法の概要を示す。

4.3.1 個別評価法

個別評価法では、推定放射能濃度等を用いて汚染源毎に相対重要度、相対重要度比等を評価する。図8 に個別評価法による相対重要度等の評価フローを示す。

放射化の汚染の汚染源 i

評価対象核種設定日 t_{aINT} における放射化の汚染のうち汚染源 i の核種 j の推定放射能濃度等 D_{aij} は次式で求める。

$$D_{aij} = D_{aij0} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_j}} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、

D_{aij0} : 汚染源 i の評価日 (t_{aEST}) における核種 j の推定放射能濃度等

t : 汚染源 i の評価日 (t_{aEST}) から評価対象核種設定日 (t_{aINT}) までの時間

$$t = t_{aEST} - t_{aINT}$$

T_j : 核種 j の半減期

次に、汚染源 i の核種 j の相対重要度等 I_{aij} を次式で求める。

$$I_{aij} = D_{aij} / CL_j \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここで、

CL_j : 核種 j のクリアランスレベル(Bq/g)

さらに、汚染源 i の核種 j の相対重要度比等 IR_{aij} は次式で求める。

$$IR_{aij} = \frac{I_{aij}}{\sum_{j=\text{規制33核種}}(D_{aij}/CL_j)} \quad \dots \dots \dots (3)$$

二次的な汚染の汚染源 i

評価対象核種設定日 t_{aINT} における二次的な汚染のうち汚染源 i の核種 j の推定放射能濃度等 D_{sij} は次式で求める。

$$D_{sij} = D_{sij0} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_j}} \quad \dots \dots \dots (4)$$

ここで、

D_{sij0} : 汚染源 i の評価日 (t_{aEST}) における核種 j の推定放射能濃度等

t : 汚染源 i の評価日 (t_{aEST}) から評価対象核種設定日 (t_{aINT}) までの時間

$$t = t_{aEST} - t_{aINT}$$

T_j : 核種 j の半減期

次に、汚染源 i の核種 j の相対重要度等 I_{sij} を次式で求める。

$$I_{sij} = D_{sij} / CL_j \quad \dots \dots \dots (5)$$

ここで、

CL_j : 核種 j のクリアランスレベル(Bq/g)

さらに、汚染源 i の核種 j の相対重要度比等 IR_{sij} は次式で求める。

$$IR_{sij} = \frac{I_{sij}}{\sum_{j=\text{規制33核種}}(D_{sij}/CL_j)} \cdots \cdots \cdots (6)$$

4.3.2 総合評価法

総合評価法では、汚染源毎の推定放射能濃度等を用いて汚染性状（放射化の汚染又は二次的な汚染）毎の推定放射能濃度等を求め、汚染性状毎に相対重要度、相対重要度比等を評価する。図9に総合評価法による相対重要度等の評価フローを示す。

放射化の汚染

評価対象核種設定日 t_{aINT} における放射化の汚染のうち汚染源 i の核種 j の推定放射能濃度等 D_{ajj} は次式で求める。

$$D_{ajj} = D_{aij0} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_j}} \cdots \cdots \cdots (7)$$

ここで、

D_{aij0} : 汚染源 i の評価日 (t_{aEST}) における核種 j の推定放射能濃度等

t : 汚染源 i の評価日 (t_{aEST}) から評価対象核種設定日 (t_{aINT}) までの時間

$$t = t_{aEST} - t_{aINT}$$

T_j : 核種 j の半減期

次に、汚染源 i の核種 j の推定放射能濃度等 D_{ajj} から汚染性状（放射化の汚染）の核種 j の推定放射能濃度等 D_{aj} を次式で求める。

$$D_{aj} = \sum_{i=\text{汚染源}}(D_{aij}) \cdots \cdots \cdots (8)$$

また、汚染性状（放射化の汚染）の核種 j の相対重要度等 I_{aj} を次式で求める。

$$I_{aj} = D_{aj} / CL_j \cdots \cdots \cdots (9)$$

ここで、

CL_j : 核種 j のクリアランスレベル(Bq/g)

さらに、汚染性状（放射化の汚染）の核種 j の相対重要度比等 IR_{aj} を次式で求める。

$$IR_{aj} = \frac{I_{aj}}{\sum_{j=\text{規制33核種}}(I_{aj})} \cdots \cdots \cdots (10)$$

二次的な汚染

評価対象核種設定日 t_{aINT} における二次的な汚染のうち汚染源 i の核種 j の推定放射能濃度 D_{sij} は次式で求める。

$$D_{sij} = D_{sij0} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_j}} \quad \dots \dots \dots \quad (11)$$

ここで、

D_{sij0} : 汚染源 i の評価日 (t_{aEST}) における核種 j の推定放射能濃度等

t : 汚染源 i の評価日 (t_{aEST}) から評価対象核種設定日 (t_{aINT}) までの時間

$$t = t_{aEST} - t_{aINT}$$

T_j : 核種 j の半減期

次に、汚染源 i の核種 j の推定放射能濃度等 D_{sij} から汚染性状（二次的な汚染）の核種 j の推定放射能濃度等 D_{sj} を次式で求める。

$$D_{sj} = \sum_{i=\text{汚染源}} (D_{sij}) \quad \dots \dots \dots \quad (12)$$

また、汚染性状（二次的な汚染）の核種 j の相対重要度等 I_{sj} は次式で求める。

$$I_{sj} = D_{sj} / CL_j \quad \dots \dots \dots \quad (13)$$

ここで、

CL_j : 核種 j のクリアランスレベル(Bq/g)

さらに、汚染性状（二次的な汚染）の核種 j の相対重要度比等 IR_{sj} を次式で求める。

$$IR_{sj} = \frac{I_{sj}}{\sum_{j=\text{規制33核種}} (I_{sj})} \quad \dots \dots \dots \quad (14)$$

4.4 評価対象核種の選定

評価対象核種の選定は、汚染性状の選択を行い、個別評価法又は総合評価法により算出した相対重要度等を用いて汚染性状又は汚染源毎に METI 方式又は MEXT 方式により評価対象核種を抽出する。図 10 に評価対象核種の選定フローを示す。

4.4.1 汚染性状の寄与率の評価

クリアランス対象物の汚染性状が混在汚染の場合、クリアランス対象物における放射化の汚染の寄与率を評価し、評価対象核種の検討を行う支配的な汚染性状を次式より判断する。

$$\frac{\sum_{j=\text{規制33核種}}(I_{aj})}{\sum_{j=\text{規制33核種}}(I_{aj}) + \sum_{j=\text{規制33核種}}(I_{sj})} < K \dots \dots \dots (15)$$

ここで、

I_{aj} : 放射化の汚染の核種 j の相対重要度等

I_{sj} : 二次的な汚染の核種 j の相対重要度等

K : 支配的な汚染性状の判断基準値 (例: 0.5)

なお、支配的な汚染性状の判断基準値は任意に設定できる。また、クリアランス対象物における汚染性状の寄与率を評価し、判断した支配的な汚染性状を対象として評価対象核種を選択することが基本であるが、支配的な汚染性状の判断基準値 K が明確でないため、本プログラムでは放射化の汚染と二次的な汚染を同時に評価できる構造となっている。

4.4.2 評価対象核種の選定方法

評価対象核種の選定では、相対重要度比等の評価結果に基づいて、個別評価法では汚染源毎、総合評価法では汚染性状毎に評価対象核種の抽出を行う。

なお、規制当局により基準が異なるため、METI 方式では相対重要度比等の大きさにかかわらず NISA 文書に示された重要核種 (10 核種) を考慮し、MEXT 方式では重要核種を考慮せずに評価対象核種の抽出を行う。

また、抽出した評価対象核種については、任意に核種の追加・削除ができる構造となっている。

以下に、評価対象核種の選定における判断基準を示す。

①判断基準 1

評価対象核種の選定方法に METI 方式を選択した場合、相対重要度等の評価方法に応じて、次の判断基準を確認し、評価対象核種を抽出する。

個別評価法

相対重要度等の評価に個別評価法を選定し、汚染源 i の重要核種の相対重要度比等 IR_{aj} 又は IR_{sj} の総和が次式を満足する場合、重要核種を評価対象核種として抽出し、満足していない場合、判断基準 2 において評価対象核種の検討を行う。

○放射化の汚染

$$\sum_{j=\text{重要核種}} IR_{aj} \times 100 \geq 90 \dots \dots \dots (16)$$

○二次的な汚染

$$\sum_{j=\text{重要核種}} IR_{sij} \times 100 \geq 90 \dots \dots \dots (17)$$

総合評価法

相対重要度等の評価に総合評価法を選択し、汚染性状毎の重要核種の相対重要度比等 IR_{aj} 又は IR_{sj} の総和が次式を満足する場合、重要核種を評価対象核種として抽出し、満足していない場合、判断基準 2において評価対象核種の検討を行う。

○放射化の汚染

$$\sum_{j=\text{重要核種}} IR_{aj} \times 100 \geq 90 \dots \dots \dots (18)$$

○二次的な汚染

$$\sum_{j=\text{重要核種}} IR_{sj} \times 100 \geq 90 \dots \dots \dots (19)$$

②判断基準 2

評価対象核種の選定方法に METI 方式を選択し、判断基準 1 を満足していない場合、相対重要度等の評価方法に応じて、次の判断基準を確認し、評価対象核種を抽出する。

個別評価法

相対重要度等の評価に個別評価法を選択し、汚染源 i の重要核種と追加核種の相対重要度比等 IR_{aij} 又は IR_{sij} の総和が次式を満足する重要核種と追加核種を評価対象核種として抽出する。なお、追加核種には、重要核種を除いた 23 核種のうち相対重要度比等の高い順に次式を満足するまで核種を追加する。

○放射化の汚染

$$\left(\sum_{j=\text{重要核種}} IR_{aij} + \sum_{j=\text{追加核種}} IR_{aij} \right) \times 100 \geq 90 \dots \dots \dots (20)$$

○二次的な汚染

$$\left(\sum_{j=\text{重要核種}} IR_{sij} + \sum_{j=\text{追加核種}} IR_{sij} \right) \times 100 \geq 90 \dots \dots \dots (21)$$

総合評価法

相対重要度等の評価に総合評価法を選択し、汚染性状毎の重要核種と追加核種の相対重要度比等 IR_{aj} 又は IR_{sj} の総和が次式を満足する重要核種と追加核種を評価対象核種として抽出する。なお、追加核種には重要核種を除いた 23 核種のうち相対重要度比等の高い順に次式を満足するまで核種を追加する。

○放射化の汚染

$$\left(\sum_{j=\text{重要核種}} \text{IR}_{aj} + \sum_{j=\text{追加核種}} \text{IR}_{aj} \right) \times 100 \geq 90 \dots \dots \dots (22)$$

○二次的な汚染

$$\left(\sum_{j=\text{重要核種}} \text{IR}_{sj} + \sum_{j=\text{追加核種}} \text{IR}_{sj} \right) \times 100 \geq 90 \dots \dots \dots (23)$$

③判断基準 3

評価対象核種の選定方法に MEXT 方式を選択した場合、相対重要度等の評価方法に応じて、次の判断基準を確認し、評価対象核種を抽出する。

個別評価法

相対重要度等の評価に個別評価法を選択し、汚染源 i の設定核種と追加核種の相対重要度比等 IR_{aij} 又は IR_{sij} の総和が次式を満足する設定核種と追加核種を評価対象核種として抽出する。ここで、設定核種とは、規制 33 核種のうち相対重要度比等の一番大きな核種を示す。なお、追加核種には、設定核種を除いた 32 核種のうち相対重要度比等の高い順に次式を満足するまで核種を追加する。

○放射化の汚染

$$\left(\text{Max}(\text{IR}_{a1}, \dots, \text{IR}_{a33}) + \sum_{j=\text{追加核種}} \text{IR}_{aj} \right) \times 100 \geq 90 \dots \dots \dots (24)$$

○二次的な汚染

$$\left(\text{Max}(\text{IR}_{s1}, \dots, \text{IR}_{s33}) + \sum_{j=\text{追加核種}} \text{IR}_{sj} \right) \times 100 \geq 90 \dots \dots \dots (25)$$

総合評価法

相対重要度等の評価に総合評価法を選択し、汚染性状毎の設定核種と追加核種の相対重要度比等 IR_{aj} 又は IR_{sj} の総和が次式を満足する設定核種と追加核種を評価対象核種として抽出する。ここで、設定核種とは、規制 33 核種のうち相対重要度比等の一番大きな核種を示す。なお、追加核種には、設定核種を除いた 32 核種のうち相対重要度比等の高い順に次式を満足するまで核種を追加する。

○放射化の汚染

$$\left(\text{Max}(\text{IR}_{a1}, \dots, \text{IR}_{a33}) + \sum_{j=\text{追加核種}} \text{IR}_{aj} \right) \times 100 \geq 90 \dots \dots \dots (26)$$

○二次的な汚染

$$\left(\text{Max}(\text{IR}_{s1}, \dots, \text{IR}_{s33}) + \sum_{j=\text{追加核種}} \text{IR}_{sj} \right) \times 100 \geq 90 \dots \dots \dots (27)$$

4.5 評価対象核種の確認

評価対象核種の確認では、汚染源又は汚染性状毎の評価対象核種の抽出結果と、抽出した評価対象核種の相対重要度比等から評価対象核種を総合的に判断し、評価対象核種を確定する。

総合的な判断結果により評価対象核種の変更ができるように、抽出した評価対象核種については、任意に核種を追加・変更できる構造となっている。

図 11に評価対象核種の確認フローを示す。

5. 試計算

作成した評価対象核種選定プログラムを用いて原子力機構のクリアランス作業のデータを用いて評価対象核種の選定について試計算を行った。

(1) 計算条件

試計算における計算条件は以下の通りである。

- クリアランス対象物 : JRR-3 の改造工事時に伴って発生したコンクリートがら
- 発生場所 : JRR-3 原子炉本体周辺
- 汚染性状 : 放射化の汚染と二次的な汚染の混在汚染
- 汚染源

放射化の汚染

コンクリートの放射化：原子炉の運転中にウラン燃料の核分裂で発生した中性子が実験孔や原子炉冷却系統の配管とコンクリート構造物との間隙のような放射線遮へい体の開口部等から漏えいし部分的に放射化したコンクリート

二次的な汚染

核分裂生成物：燃料破損によりウラン燃料から重水中へ放出した核分裂生成物及び中性子捕獲生成物

腐食生成物：炉心タンクや原子炉冷却系統の配管等の金属が腐食により重水中へ溶出し放射化した腐食生成物

重水の放射化：重水が中性子により照射されることにより生成する³H

- 原子炉の運転停止日 : 1983 年 3 月 25 日
- 評価対象核種設定日 : 2006 年 10 月 1 日
- 汚染源の評価日 : 2006 年 10 月 1 日
- 評価対象核種の選定方法 : MEXT 方式 (NISA 文書に示された重要核種を考慮しない)

(2) 計算結果

評価対象核種選定プログラムを用いて上記の計算条件で、相対重要度等の評価方法に総合評価法及び個別評価法を用いてそれぞれ評価対象核種の選定を行ない、試計算を行った結果は以下通りである。

①総合評価法

総合評価法により評価対象核種の検討を行った結果、C-60、Cs-137、Eu-152 の 3 核種が評価対象核種として抽出された。各汚染性状の評価結果の詳細を以下に示す。

放射化の汚染

ORIGEN-S により算出したコンクリートの放射化の汚染の推定放射能濃度を本プログラムの入力データとして入力した。次に、総合評価法により相対重要度等を算出し、MEXT 方式で評価対象核種を評価した。表 2にコンクリートの放射化の汚染の相対重要度比等の評価結果を示す。その結果、放射化の汚染の相対重要度等が 90% を越える評価対象核種は Eu-152、Co-60 となり、相対重要度比等はそれぞれ 52.0、41.3% となった。

二次的な汚染

放射化計算により算出した二次的な汚染の汚染源のうち腐食生成物及び核分裂生成物の推定放射能濃度を本プログラムの入力データとして入力した。また、放射化学分析した二次的な汚染のうち重水の放射化の推定放射能濃度を入力した。

総合評価法により二次的な汚染の相対重要度等を算出し、相対重要度比等を評価した。表 3に総合評価法による二次的な汚染の相対重要度比等の評価結果を示す。

その結果、二次的な汚染の相対重要度比等が 90% を越える評価対象核種は Co-60、Cs-137 となり、相対重要度比等はそれぞれ 10.4、82.2% となった。

②個別評価法

個別評価法により評価対象核種の検討を行った結果、H-3、Co-60、Sr-90、Cs-137、Eu-152 の 5 核種が評価対象核種として抽出された。各汚染性状の評価結果を以下に示す。

放射化の汚染

放射化の汚染の汚染源がコンクリートの放射化のみであるため、総合評価法の結果と同一である。

二次的な汚染

放射化計算により算出した二次的な汚染の汚染源のうち腐食生成物及び核分裂生成物の推定放射能濃度から推定放射能濃度比を算出し、本プログラムの入力データとして入力した。

なお、腐食生成物及び核分裂生成物の推定放射能濃度比は、各汚染源の代表的な核種である Co-60 又は Cs-137 の推定放射能濃度を 1 として求めた。次に、個別評価法により相対重要度等を算出し、相対重要度比等を評価した。

表 4に個別評価法による核分裂生成物の相対重要度比等の評価結果を示す。表 5に個別評価法による腐食生成物の相対重要度比等の評価結果を示す。

その結果、汚染源毎に相対重要度比等が 90% を越える評価対象核種は、腐食生成物で Co-60、核分裂生成物で Cs-137、Sr-90、重水の放射化で H-3 となり、相対重要度比等はそれぞれ 99.5、89.1、5.82、100% となった。

評価対象核種の選定は総合評価法が合理的であるが、個別評価法は汚染源毎に個別に推定放射能濃度等の相対的な評価を行うため総合評価法で抽出された評価対象核種に加えて、より多くの評価対象核種が抽出された。

総合評価法では、クリアランス対象物における正確な推定放射能濃度が必要となる。また、重要核種が示されていないため、評価対象核種の評価日によっては推定放射能濃度等の減衰補正のために、施設特有の核種である H-3 も対象外となった。

6. まとめ

原子力安全委員会の報告、経済産業省令、文部科学省令、日本原子力学会標準等の考え方や規制に基づいてクリアランスレベル検認評価システム (CLEVES) のうち評価対象核種選定プログラムを作成した。評価対象核種選定プログラムでは、汚染性状、汚染源、規制当局の基準に応じた評価対象核種の選定が可能である。

また、作成した評価対象核種選定プログラムを用いて原子力機構で進めているクリアランス作業を対象として試計算を行い、以下の結果が得られた。

総合評価法により評価対象核種の検討を行った結果、Co-60、Cs-137、Eu-152 の 3 核種が評価対象核種として抽出された。

一方、個別評価法により評価対象核種の検討を行った結果、H-3、Co-60、Sr-90、Cs-137、Eu-152 の 5 核種が評価対象核種として抽出された。

以上の結果から評価対象核種の選定は、汚染性状毎に評価を行う総合評価法で行うことが合理的であるが、汚染性状毎の正確な推定放射能濃度の評価が困難な場合、汚染源毎に評価を行う個別評価法により安全に評価対象核種の選定が可能であることが分かった。

謝 辞

本報告書をまとめるにあたって、バックエンド推進部門、バックエンド技術部の諸氏に種々の助言や援助をいただきました。ここに、深甚なる感謝の意を表します。

参考文献

- 1) “原子炉施設におけるクリアランス検認のあり方について”、原子力安全委員会、平成 13 年 7 月 16 日
- 2) “主な原子炉施設におけるクリアランスレベルについて”、原子力安全委員会、平成 11 年 3 月 17 日
- 3) “重水炉、高速炉等におけるクリアランスレベルについて”、原子力安全委員会、平成 13 年 7 月 16 日
- 4) “核原料物質及び核燃料物質及び原子炉の規則に関する法律第六十一条の二第四項に規定する製錬事業者等における工場等において用いた資材その他の物に含まれる放射性物質の放射能濃度についての確認等に関する規則”、経済産業省令第百十二号、H17.11.22
- 5) “試験研究の用に供する原子炉等に係る放射能濃度についての確認等に関する規則”、文部科学省令第四十九号、H17.11.30
- 6) “放射能の測定及び評価の方法の認可について（内規）”、経済産業省原子力安全・保安院放射性廃棄物規制課、NISA-197c-06-1、H18.1.31
- 7) “原子炉施設のクリアランスに係る基準についてのガイダンス”、独立行政法人原子力安全基盤機構規格基準部、JNES-SS-0618、2006 年 10 月
- 8) “クリアランスの判断方法：2005”、日本原子力学会標準、AESJ-SC-F005 :2005、社団法人日本原子力学会、2005 年 7 月
- 9) R.B.Firestone and V.B.Shirley, “Table of Isotopes 8th Edition”, John Wiley & Sons, New York (1996)

表 1 クリアランスレベル

No	核種	半減期 ^{*)}	クリアランスレベル (Bq/g)	
			経済産業省令第 112 号(H17)	文部科学省令第 49 号(H17)
			発電炉等	原子炉施設
1	H-3	12.33 年	100	100
2	C-14	5.73E+03 年	1	1
3	Cl-36	3.00E+05 年	1	1
4	Ca-41	1.00E+05 年	100	100
5	Sc-46	83.8 日	0.1	0.1
6	Mn-54	312 日	0.1	0.1
7	Fe-55	2.7 年	1000	1000
8	Fe-59	44.6 日	1	1
9	Co-58	70.8 日	1	1
10	Co-60	5.271 年	0.1	0.1
11	Ni-59	7.50E+04 年	100	100
12	Ni-63	100 年	100	100
13	Zn-65	244.1 日	0.1	0.1
14	Sr-90	28.8 年	1	1
15	Nb-94	2.00E+04 年	0.1	0.1
16	Nb-95	35 日	1	1
17	Tc-99	2.14E+05 年	1	1
18	Ru-106	367 日	0.1	0.1
19	Ag-108m	418 年	0.1	0.1
20	Ag-110m	252 日	0.1	0.1
21	Sb-124	60.2 日	1	1
22	Te-123m	119.7 日	1	1
23	I-129	1.60E+07 年	0.01	0.01
24	Cs-134	2.062 年	0.1	0.1
25	Cs-137	30.17 年	0.1	0.1
26	Ba-133	10.7 年	0.1	0.1
27	Eu-152	13 年	0.1	0.1
28	Eu-154	8.5 年	0.1	0.1
29	Tb-160	72.1 日	1	1
30	Ta-182	115 日	0.1	0.1
31	Pu-239	2.41E+04 年	0.1	0.1
32	Pu-241	14.4 年	10	10
33	Am-241	433 年	0.1	0.1

*) R.B.Firestone and V.B.Shirley, "Table of Isotopes 8th Edition" ,John Wiley & Sons, New York
(1996)

表 2 コンクリートの放射化の計算結果

核種	クリアランスレベル	推定放射能濃度	相対重要度等	相対重要度比等
	(Bq/g)	(Bq/g)	(-)	(-)
	—	停止日	23 年後	23 年後
	CL	D _a	D _a /CL	(D _a /CL)/ Σ (D _a /CL)
H-3	100	3.37E-01	9.25E-04	6.34E-03
C-14	1	1.26E-04	1.26E-04	8.62E-04
Cl-36	1	6.22E-06	6.22E-06	4.27E-05
Ca-41	100	5.18E-04	5.18E-06	3.55E-05
Sc-46	0.1	4.57E-02	3.01E-31	2.07E-30
Mn-54	0.1	1.56E-06	1.23E-13	8.45E-13
Fe-55	1000	1.74E-01	5.06E-07	3.47E-06
Fe-59	1	1.41E-02	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	1	7.49E-08	1.47E-43	1.01E-42
Co-60	0.1	1.24E-01	6.04E-02	4.13E-01
Ni-59	100	1.17E-06	1.17E-08	8.02E-08
Ni-63	100	1.35E-04	1.15E-06	7.90E-06
Zn-65	0.1	3.29E-03	1.46E-12	1.00E-11
Sr-90	1	1.71E-06	9.83E-07	6.74E-06
Nb-94	0.1	1.06E-07	1.06E-06	7.26E-06
Nb-95	1	9.77E-05	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99	1	5.12E-08	5.12E-08	3.51E-07
Ru-106	0.1	6.37E-07	1.08E-12	7.44E-12
Ag-108m	0.1	4.72E-05	4.54E-04	3.12E-03
Ag-110m	0.1	2.09E-03	1.57E-12	1.08E-11
Sb-124	1	3.34E-04	3.28E-14	2.25E-45
Te-123m	1	6.54E-15	4.88E-36	3.35E-35
I-129	0.01	3.56E-13	3.56E-11	2.44E-10
Cs-134	0.1	1.25E-03	5.55E-06	3.80E-05
Cs-137	0.1	1.74E-06	1.02E-05	7.02E-05
Ba-133	0.1	2.36E-03	5.19E-03	3.56E-02
Eu-152	0.1	2.46E-02	7.58E-02	5.20E-01
Eu-154	0.1	1.95E-03	3.05E-03	2.09E-02
Tb-160	1	7.93E-04	8.35E-39	5.73E-38
Ta-182	0.1	5.71E-04	5.89E-25	4.04E-24
Pu-239	0.1	3.08E-08	3.08E-07	2.11E-06
Pu-241	10	1.62E-23	3.33E-25	3.66E-24
Am-241	0.1	9.81E-26	9.45E-25	6.48E-24

表3 総合評価法による計算結果(二次的な汚染)

核種	クリアランスレベル (Bq/g)	推定放射能濃度				相対重要度等	相対重要度比等
		FP (Bq/g)	CP (Bq/g)	H (Bq/g)	総合 (Bq/g)		
		—	停止時	停止時	停止時	23年後	23年後
		D _F	D _C	D _H	D _s	D _s /CL	D _s /CL/Σ(D _s /CL)
H-3	100	4.87E+06	5.24E+07	2.53E+05	1.58E+07	1.58E+05	2.74E-05
C-14	1	1.34E+02	1.79E+05	—	1.79E+05	1.79E+05	3.10E-05
Cl-36	1	0.00E+00	3.51E+03	—	3.51E+03	3.51E+03	6.09E-07
Ca-41	100	0.00E+00	1.99E+02	—	1.99E+02	1.99E+00	3.45E-10
Sc-46	0.1	0.00E+00	1.07E+05	—	7.05E-26	7.05E-25	1.22E-34
Mn-54	0.1	0.00E+00	9.12E+06	—	7.20E-02	7.20E-01	1.25E-10
Fe-55	1000	0.00E+00	2.82E+09	—	8.21E+06	8.21E+03	1.42E-06
Fe-59	1	0.00E+00	2.46E+08	—	3.65E-49	3.65E-49	6.33E-59
Co-58	1	0.00E+00	1.93E+07	—	3.78E-29	3.78E-29	6.55E-39
Co-60	0.1	0.00E+00	1.24E+09	—	6.02E+07	6.02E+08	1.04E-01
Ni-59	100	0.00E+00	1.15E+06	—	1.15E+06	1.15E+04	1.95E-06
Ni-63	100	0.00E+00	1.44E+08	—	1.23E+08	1.23E+06	2.13E-04
Zn-65	0.1	0.00E+00	2.91E+07	—	1.30E-03	1.30E-02	2.25E-12
Sr-90	1	5.45E+08	1.21E+03	—	3.13E+08	3.13E+08	5.43E-02
Nb-94	0.1	1.45E+00	2.01E+03	—	2.01E+03	2.01E+04	3.48E-06
Nb-95	1	7.43E+09	5.35E+05	—	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99	1	1.26E+05	1.53E+02	—	1.26E+05	1.26E+05	2.18E-05
Ru-106	0.1	2.13E+09	2.70E+03	—	3.63E+02	3.63E+03	6.29E-07
Ag-108m	0.1	2.80E-01	3.95E+04	—	3.80E+04	3.80E+05	6.59E-05
Ag-110m	0.1	4.71E+06	1.68E+06	—	4.81E-04	4.81E-03	8.34E-13
Sb-124	1	6.22E+05	1.35E+06	—	1.91E-36	1.94E-36	3.36E-46
Te-123m	1	1.41E+03	9.61E+03	—	8.23E-18	8.23E-18	1.43E-27
I-129	0.01	2.42E+02	6.01E-04	—	2.42E+02	2.42E+04	4.20E-06
Cs-134	0.1	2.21E+08	1.62E+05	—	9.81E+04	9.81E+05	1.70E-04
Cs-137	0.1	8.06E+08	1.52E+03	—	4.74E+08	4.74E+09	8.22E-01
Ba-133	0.1	3.32E+00	4.21E+05	—	9.25E+04	9.25E+05	1.60E-04
Eu-152	0.1	3.17E+04	1.24E+00	—	9.77E+03	9.77E+04	1.69E-05
Eu-154	0.1	1.35E+07	1.90E+05	—	2.14E+06	2.14E+07	3.71E-03
Tb-160	1	1.01E+06	4.56E+05	—	1.54E-29	1.54E-29	2.67E-39
Ta-182	0.1	0.00E+00	1.78E+05	—	1.40E-17	1.40E-16	2.43E-26
Pu-239	0.1	3.62E+06	3.66E+00	—	3.62E+06	3.62E+07	6.28E-03
Pu-241	10	7.35E+08	1.01E+03	—	2.42E+08	2.42E+07	4.20E-03
Am-241	0.1	2.80E+06	4.75E+00	—	2.70E+06	2.70E+07	4.68E-03

Total 5.92E+09

FP:核分裂生成物、CP:腐食生成物、H:重水の放射化

表 4 個別評価法による計算結果(核分裂生成物)

核種	クリアランスレベル	推定放射能濃度比	相対重要度等	相対重要度比等
	(Bq/g)	(-)	(g/Bq)	(-)
	—	23 年後	23 年後	23 年後
	CL	R _F	R _F /CL	(R _F /CL)/Σ(R _F /CL)
H-3	100	2.82E-03	2.82E-05	2.51E-06
C-14	1	2.82E-07	2.82E-07	2.51E-08
Cl-36	1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ca-41	100	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sc-46	0.1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	0.1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-55	1000	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Fe-59	1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-60	0.1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ni-59	100	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ni-63	100	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zn-65	0.1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-90	1	6.53E-01	6.53E-01	5.82E-02
Nb-94	0.1	3.06E-09	3.06E-08	2.73E-09
Nb-95	1	1.15E-38	1.15E-38	1.02E-39
Tc-99	1	2.66E-04	2.66E-04	2.37E-05
Ru-106	0.1	7.00E-07	7.00E-06	6.24E-07
Ag-108m	0.1	5.21E-10	5.21E-09	4.65E-10
Ag-110m	0.1	7.46E-13	7.46E-12	6.65E-13
Sb-124	1	1.28E-45	1.28E-45	1.14E-46
Te-123m	1	2.21E-27	2.21E-27	1.97E-28
I-129	0.01	5.16E-07	5.16E-05	4.60E-06
Cs-134	0.1	2.04E-04	2.04E-03	1.82E-04
Cs-137	0.1	1.00E+00	1.00E+01	8.91E-01
Ba-133	0.1	1.54E-09	1.54E-08	1.37E-09
Eu-152	0.1	2.02E-05	2.02E-04	1.80E-05
Eu-154	0.1	4.45E-03	4.45E-02	3.96E-03
Tb-160	1	2.23E-38	2.23E-38	1.99E-39
Ta-182	0.1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pu-239	0.1	7.71E-03	7.71E-02	6.87E-03
Pu-241	10	5.11E-01	5.11E-02	4.55E-03
Am-241	0.1	3.95E-02	3.95E-01	3.52E-02
		Total	1.12E+00	

表 5 個別評価法による計算結果(腐食生成物)

核種	クリアランスレベル	推定放射能濃度比	相対重要度	相対重要度比
	(Bq/g)	(-)	(g/Bq)	(-)
	—	23年後	23年後	23年後
	CL	R _s	R _s /CL	R _s /CL/(ΣR _s /CL)
H-3	100	2.39E-01	2.39E-03	2.38E-04
C-14	1	2.96E-03	2.96E-03	2.95E-04
Cl-36	1	5.84E-05	5.84E-05	5.81E-06
Ca-41	100	3.30E-06	3.30E-08	3.01E-09
Sc-46	0.1	1.18E-33	1.18E-32	1.17E-33
Mn-54	0.1	1.20E-09	1.20E-08	1.19E-09
Fe-55	1000	1.36E-01	1.36E-04	1.35E-05
Fe-59	1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Co-58	1	6.96E-37	6.96E-37	6.92E-38
Co-60	0.1	1.00E+00	1.00E+01	9.95E-01
Ni-59	100	1.92E-02	1.92E-04	1.91E-05
Ni-63	100	2.05E+00	2.05E-02	2.04E-03
Zn-65	0.1	2.06E-11	2.06E-10	2.05E-11
Sr-90	1	1.14E-05	1.14E-05	1.13E-06
Nb-94	0.1	3.34E-05	3.34E-04	3.32E-05
Nb-95	1	2.53E-43	2.53E-43	2.52E-44
Tc-99	1	2.55E-06	2.55E-06	2.54E-07
Ru-106	0.1	6.98E-12	6.98E-11	6.95E-12
Ag-108m	0.1	5.79E-04	5.79E-03	5.76E-04
Ag-110m	0.1	2.10E-12	2.10E-11	2.09E-12
Sb-124	1	2.18E-44	2.18E-44	2.17E-45
Te-123m	1	1.18E-25	1.18E-25	1.17E-26
I-129	0.01	1.01E-11	1.01E-09	1.00E-10
Cs-134	0.1	1.18E-06	1.18E-05	1.17E-06
Cs-137	0.1	1.49E-05	1.49E-04	1.48E-05
Ba-133	0.1	1.54E-03	1.54E-02	1.53E-03
Eu-152	0.1	6.23E-09	6.23E-08	6.20E-09
Eu-154	0.1	4.94E-04	4.94E-03	4.91E-04
Tb-160	1	7.96E-38	7.96E-38	7.92E-39
Ta-182	0.1	5.45E-12	5.45E-11	5.42E-12
Pu-239	0.1	6.15E-08	6.15E-07	6.12E-08
Pu-241	10	5.51E-06	5.51E-07	5.48E-08
Am-241	0.1	4.41E-07	4.41E-06	4.39E-07
		Total	1.01E+01	

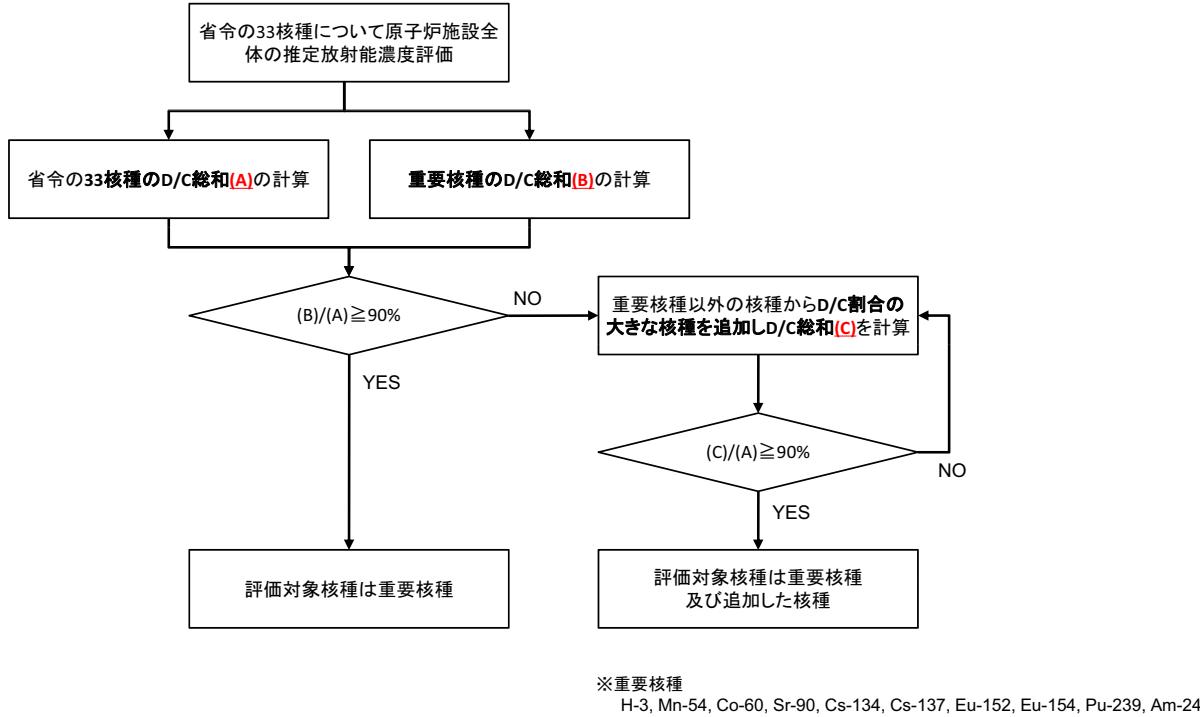


図1 NISA文書に規定された評価対象核種の選定フロー

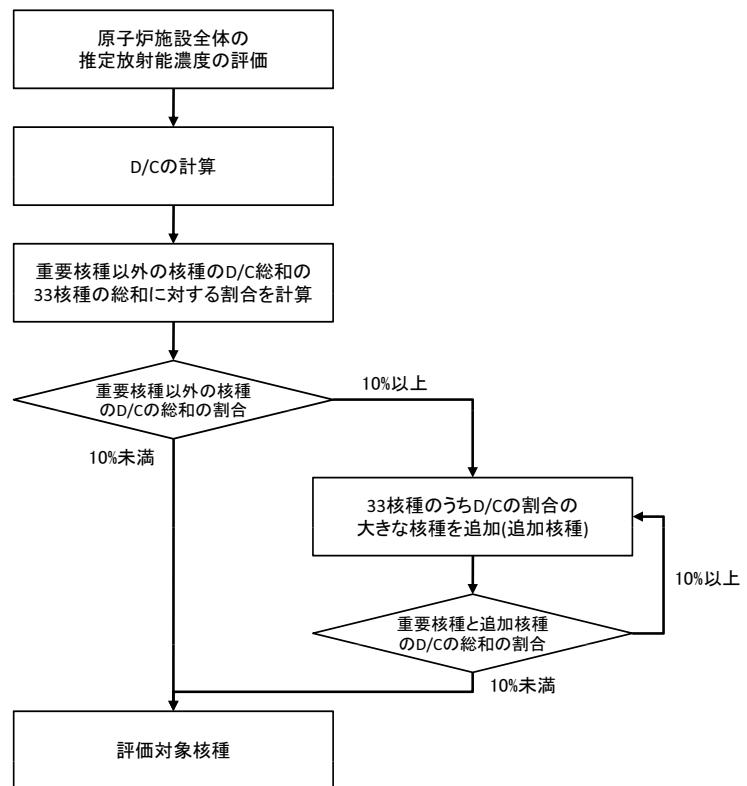


図2 日本原子力学会標準に示された評価対象核種の選定フロー

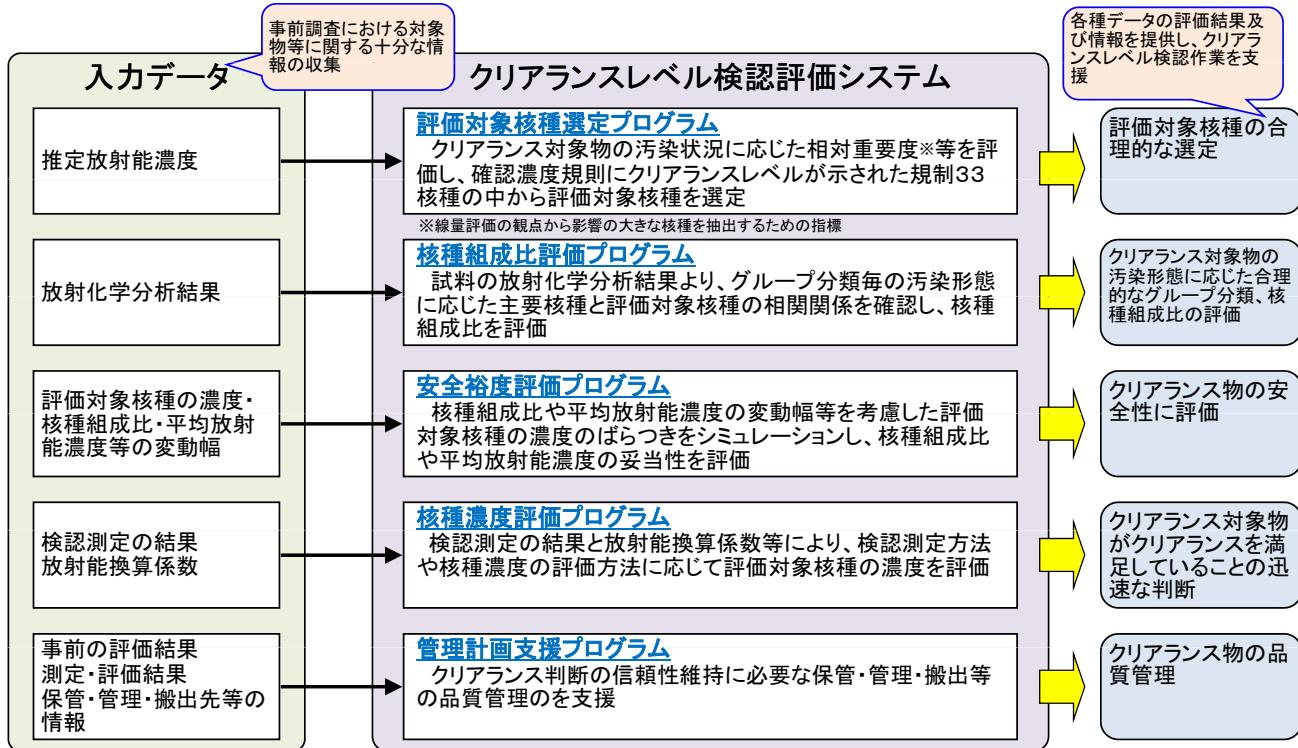


図3 クリアランスレベル検認評価システムの概要

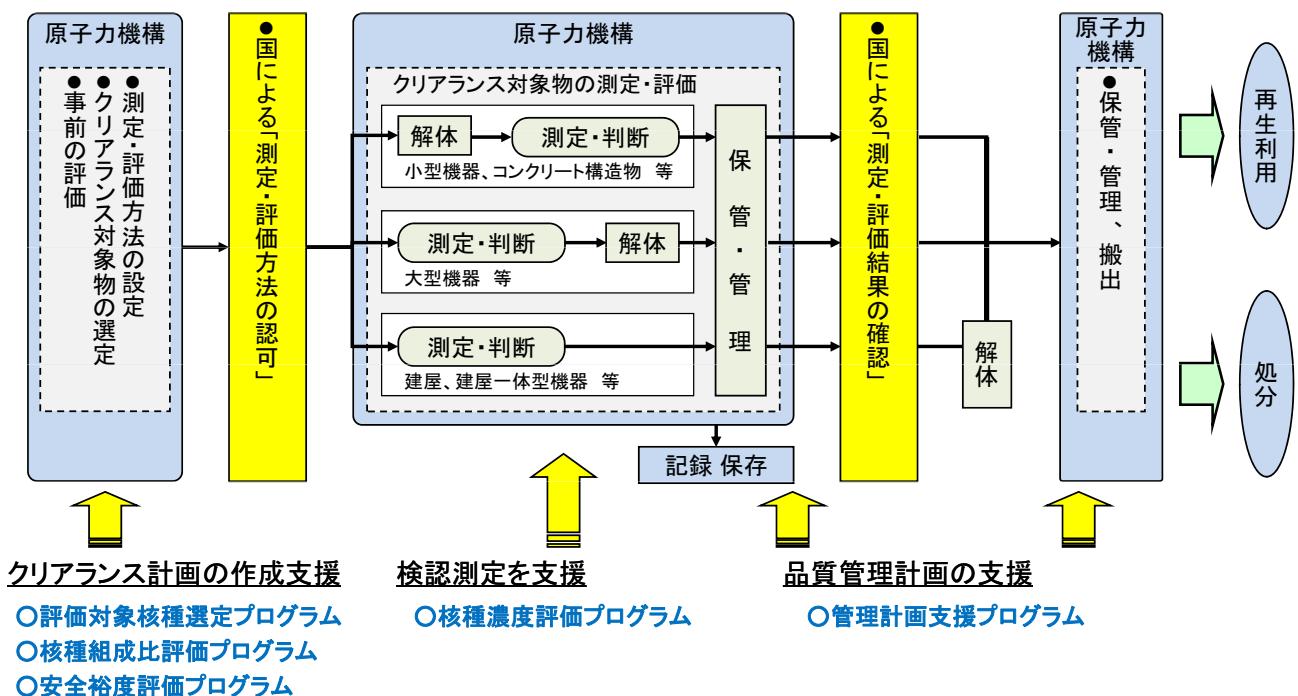


図4 クリアンス作業におけるCLEVESの位置付け

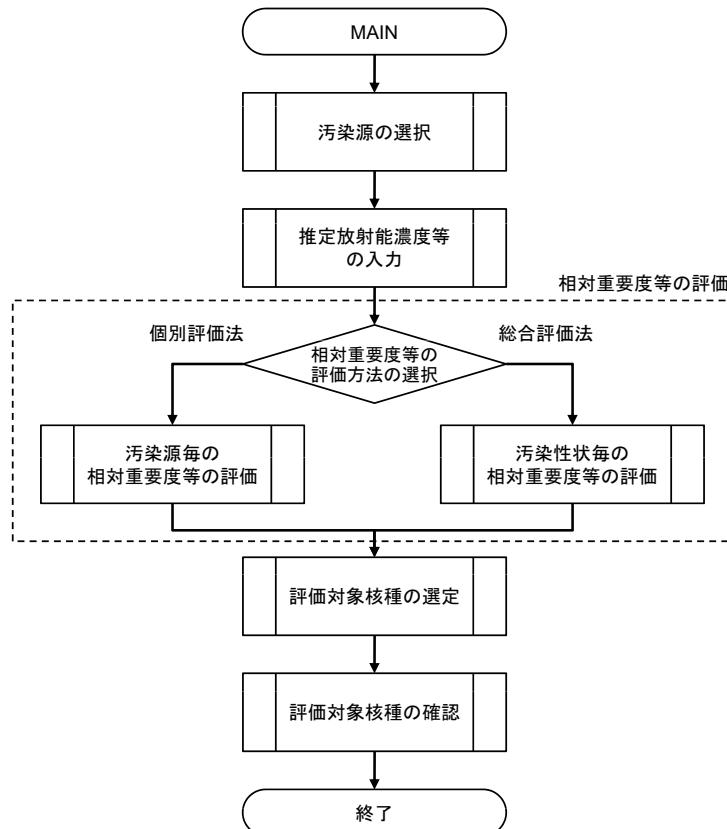


図5 評価対象核種選定プログラムのメインフロー

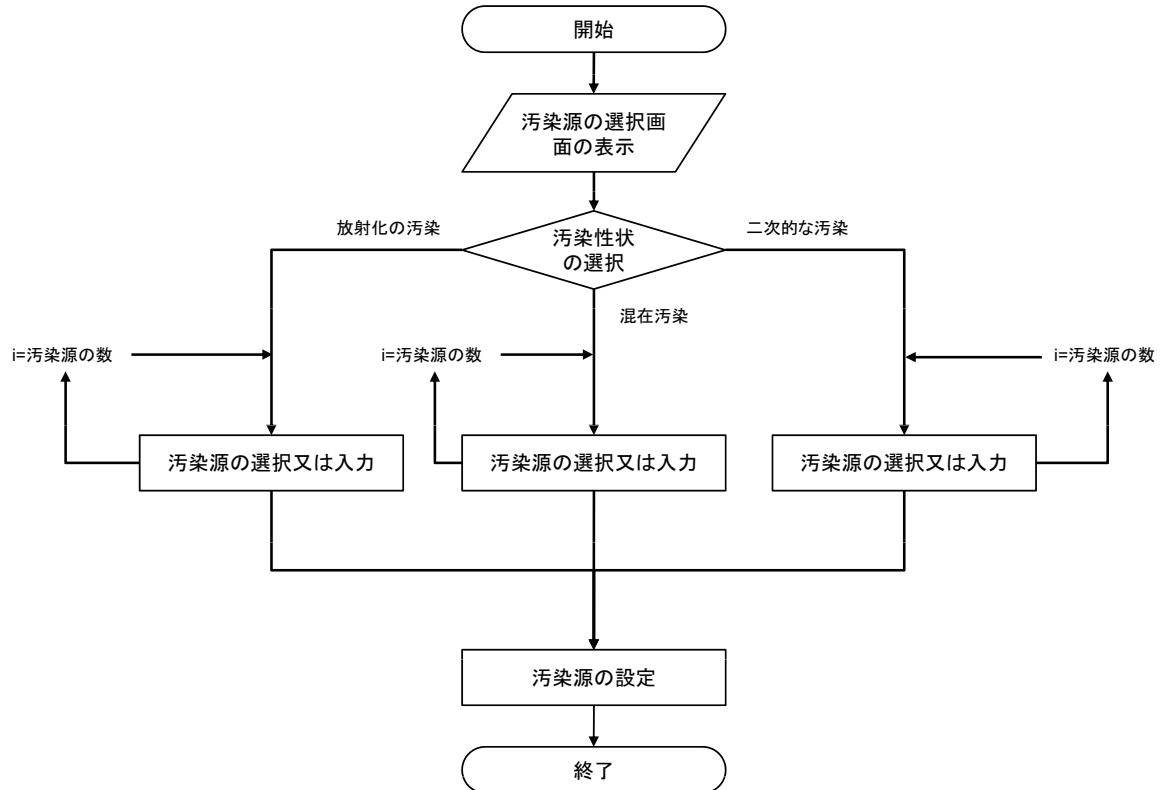


図6 汚染源の選択フロー

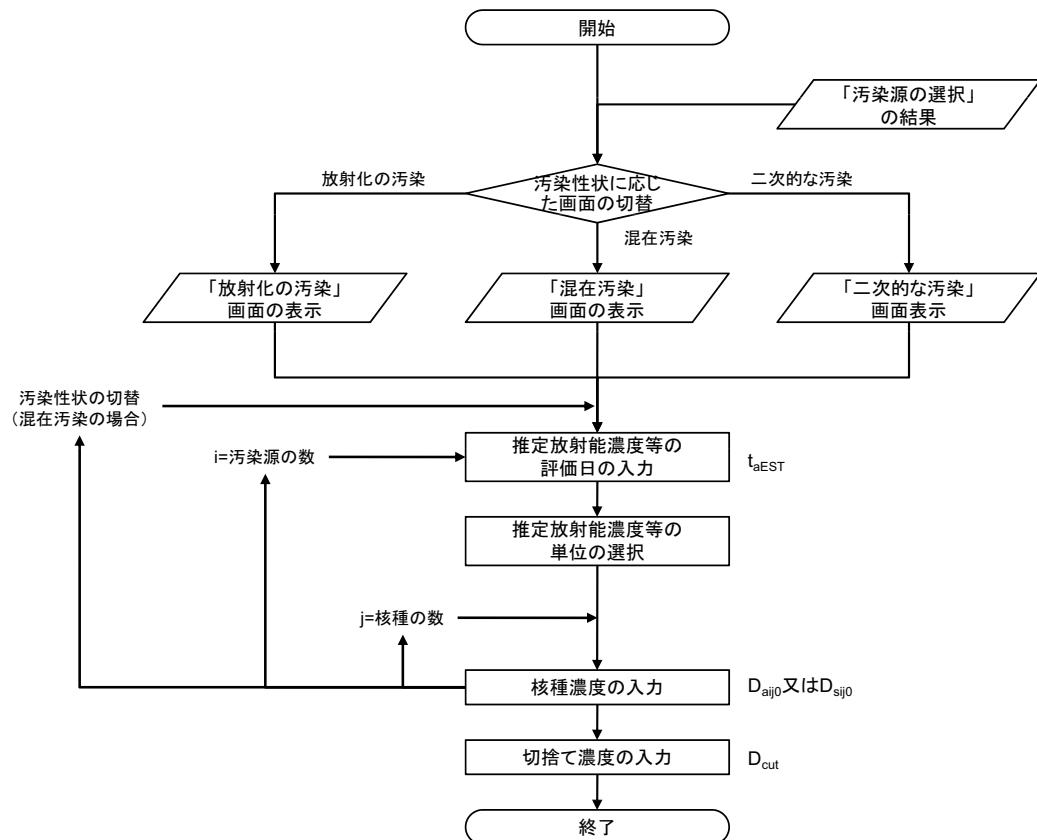


図7 推定放射能濃度等の入力フロー

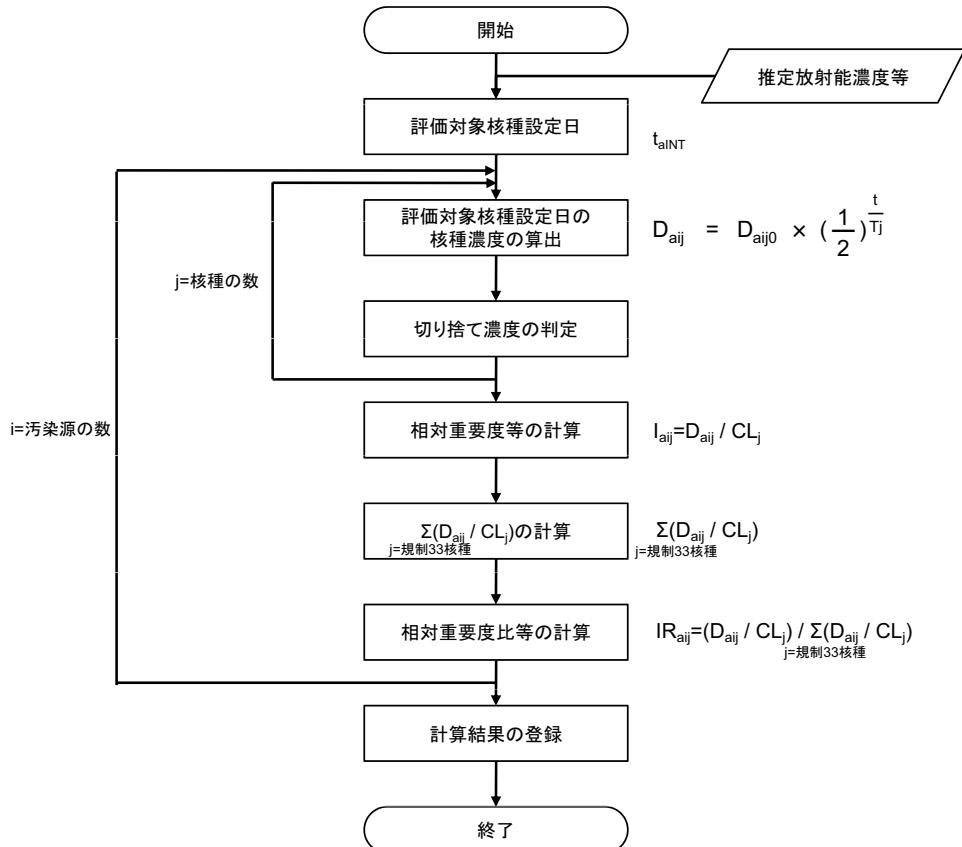


図8 個別評価法による相対重要度等の評価フロー(放射化の汚染の例)

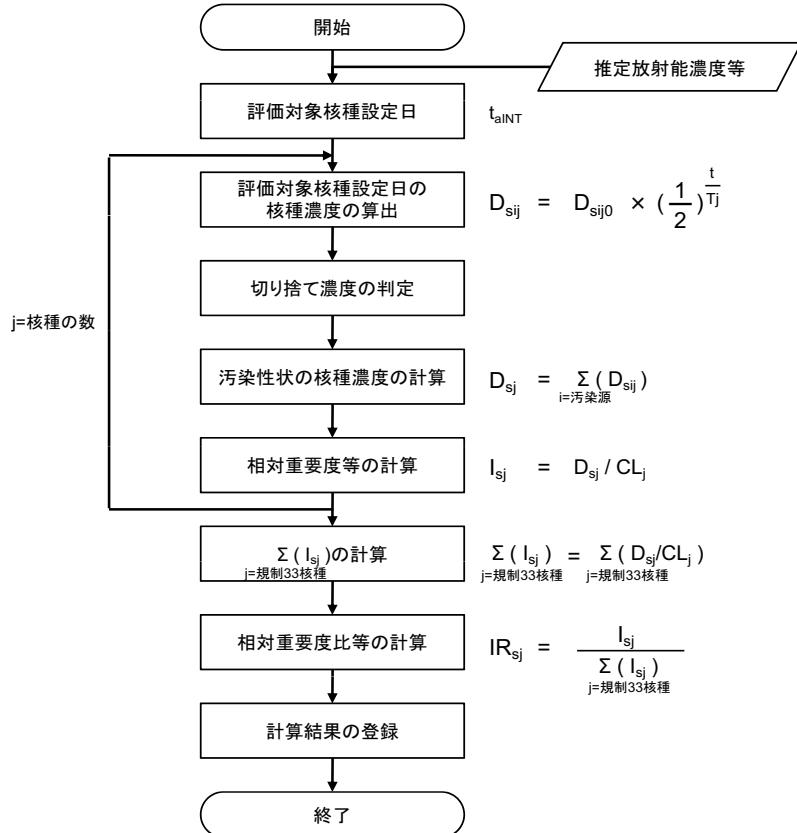


図9 総合評価法による相対重要度等の評価フロー(二次的な汚染の例)

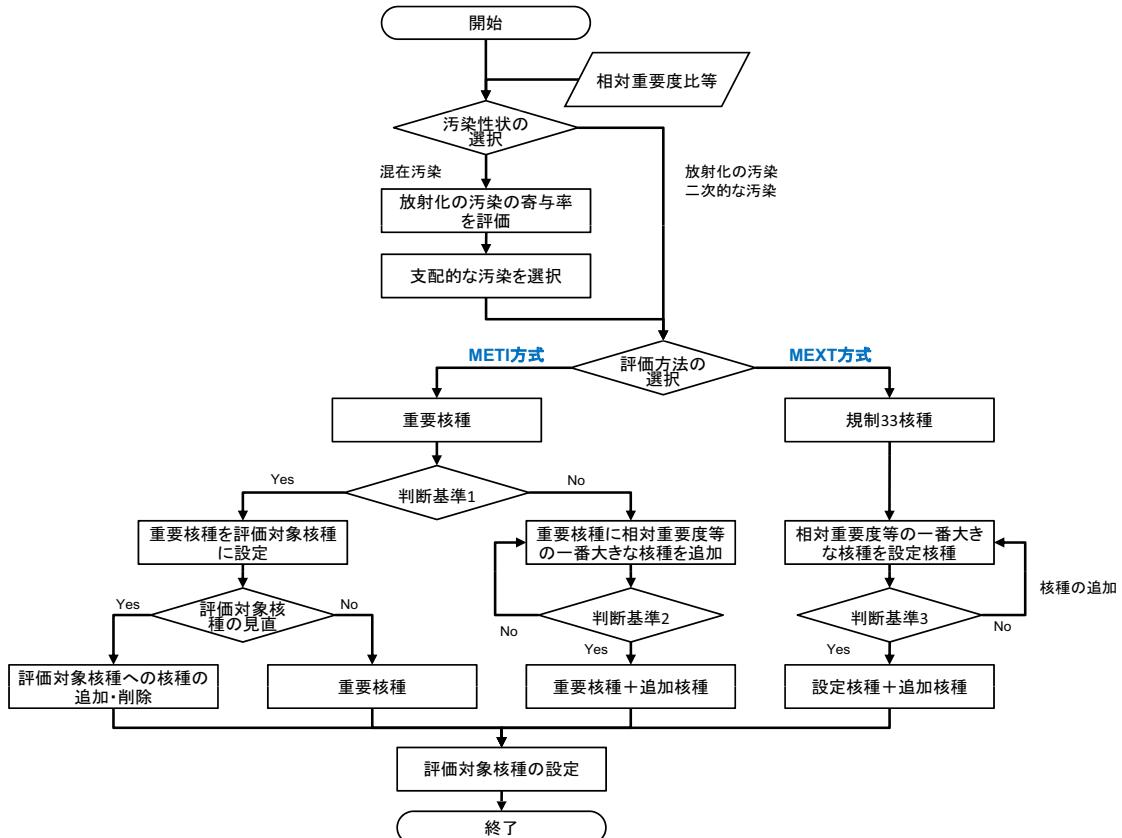


図10 評価対象核種の選定フロー

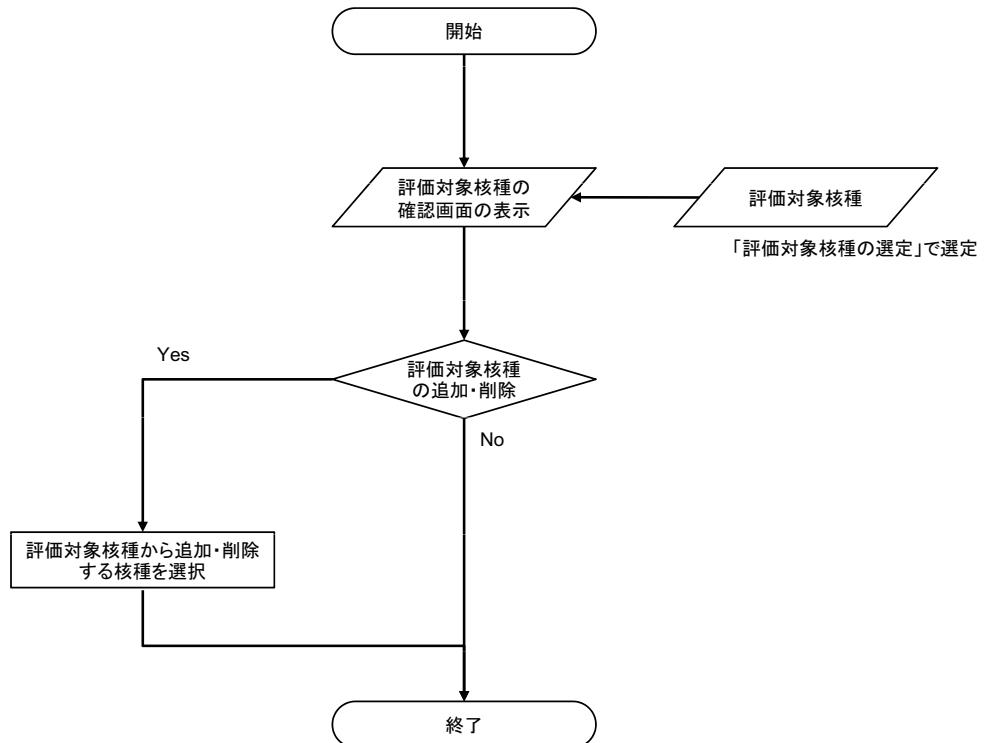


図11 評価対象核種の確認フロー

付録-A

汚染のないことの判断基準

汚染のないことの判断基準は、検認のあり方に以下のように示されている。

1. 放射化の汚染のないことが明らかであることの判断基準

- ①十分な遮へい体により遮へいされていた等、施設の構造上、中性子線による放射化の影響を考慮する必要がないことが明かであるもの
- ②計算等により、中性子線による放射化の影響が一般に存在するコンクリートとの有意な差を生じさせていないと評価されたもの
- ③計算等により、中性子線による放射化の影響を評価し、一般に存在するコンクリートとの間に有意な差がある部分が分離されたもの

①については、十分に遮へいされた中性子束密度のレベルとして、管理区域境界の線量基準である $300 \mu \text{Sv}/\text{週}$ に相当する $6.25 \mu \text{Sv}/\text{h}$ が示されている。②については、計算等で評価した放射化による核種濃度の合計値が一般のコンクリートの天然の核種濃度の変動幅 (3σ) に含まれる範囲として示されている。

2. 二次的な汚染のないことが明らかであることの判断基準

- ①使用履歴、設置状況等から、放射性物質の付着、浸透等による二次的な汚染がないことが明らかであるもの
- ②使用履歴、設置状況等から、放射性物質の付着、浸透等による二次的な汚染部分が限定されていることが明らかであって、当該汚染部分が分離されたもの

①については、対象物又は対象範囲について運用上・構造上当該位置に二次的な汚染が生ずる可能性がないことにより判断する。対象物又は対象範囲は、主に、汚染管理状況（管理上の汚染区分、サーベイ記録、汚染漏洩の有無など）、使用履歴、配管等の設置状況、系統構成等の調査結果により区分する。②については、二次的な汚染の分離範囲（汚染の程度、汚染の範囲（浸透深さ、平面的広がり））が明確になっており、かつ当該部分が適切な方法（汚染部のはつりなど）で確実に分離されていることにより判断する。

付録-B

クリアランスレベル検認評価システム(CLEVES)

－評価対象核種選定プログラム ver.1.0－

操作マニュアル

This is a blank page.

目 次

1. 汚染源の選択.....	35
2. 推定放射能濃度の入力.....	37
3. 相対重要度の評価.....	40
3.1 汚染源の個別評価.....	41
3.2 汚染源の総合評価.....	44
4. 評価対象核種の選定.....	47
5. 評価対象核種の確認.....	51

This is a blank page.

評価対象核種選定プログラムでは、クリアランス対象物を汚染性状、汚染源毎に分類し、汚染源毎の推定放射能濃度等から相対重要度、相対重要度比等を評価して評価対象核種の選定を行います。

【CLEVES】システム画面において【評価対象核種選定】ボタンを押すと図1に示す【評価対象核種選定】メイン画面が表示されます。ここで、画面左側に表示される核種選択フローは、本プログラムにおける操作の流れを示しています。また、核種選択フローの中の黄色に着色される項目は、現在操作中の項目を示しています。

評価対象核種選定プログラムは、画面左側にある核種選択フローに示す以下の項目から構成されます。

- ①汚染源の選択 : クリアランス対象物の汚染源を設定します。
- ②推定放射能濃度の入力 : 汚染源毎の推定放射能濃度等を入力します。
- ③相対重要度の評価
 - －汚染源の個別評価 : 推定放射能濃度等を用いて個別評価法により汚染源毎の相対重要度等を評価します。
 - －汚染源の総合評価 : 推定放射能濃度等を用いて総合評価法により汚染性状（放射化の汚染、二次的な汚染）毎の相対重要度等を評価します。
- ④評価対象核種の選定 : 汚染源又は汚染性状毎に評価対象核種の選定を行います。
- ⑤評価対象核種の確認 : クリアランス対象物の評価対象核種を確定します。

本マニュアルの各項目に記載する【入力項目】、【選択項目】等において、データの入力及び選択等を行い、画面下部の【設定】ボタン等を押して下さい。【設定】ボタンを押さないと入力したデータ等がシステムに反映されないので注意して下さい。

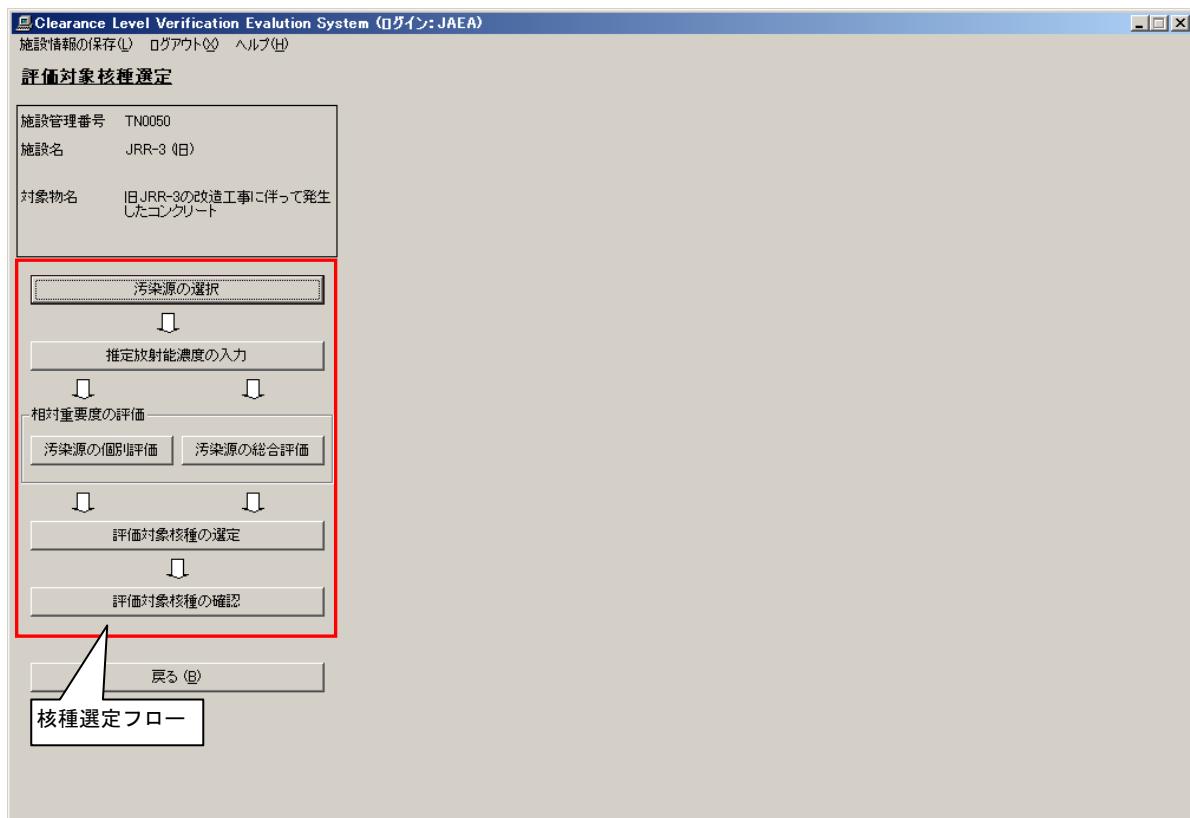


図 1 【評価対象核種選定】メイン画面

1. 汚染源の選択

汚染源の選択では、クリアランス対象物の汚染性状に応じた汚染源を設定します。

核種選択フローにおける【汚染源の選択】ボタンを押すと図2に示す【汚染源の選択】画面が表示されます。

ここでは、クリアランス対象物の汚染性状と汚染源を設定して下さい。

まず、【汚染性状】コンボボックスをクリックして表示されるリストからクリアランス対象物の汚染性状を選択して下さい。

次に、選択した汚染性状に応じた【汚染源】コンボボックスをクリックして表示されるリストからクリアランス対象物の汚染源を選択又は新規に入力して下さい。

設定終了後、画面下部中央にある【設定】ボタンを押して下さい。

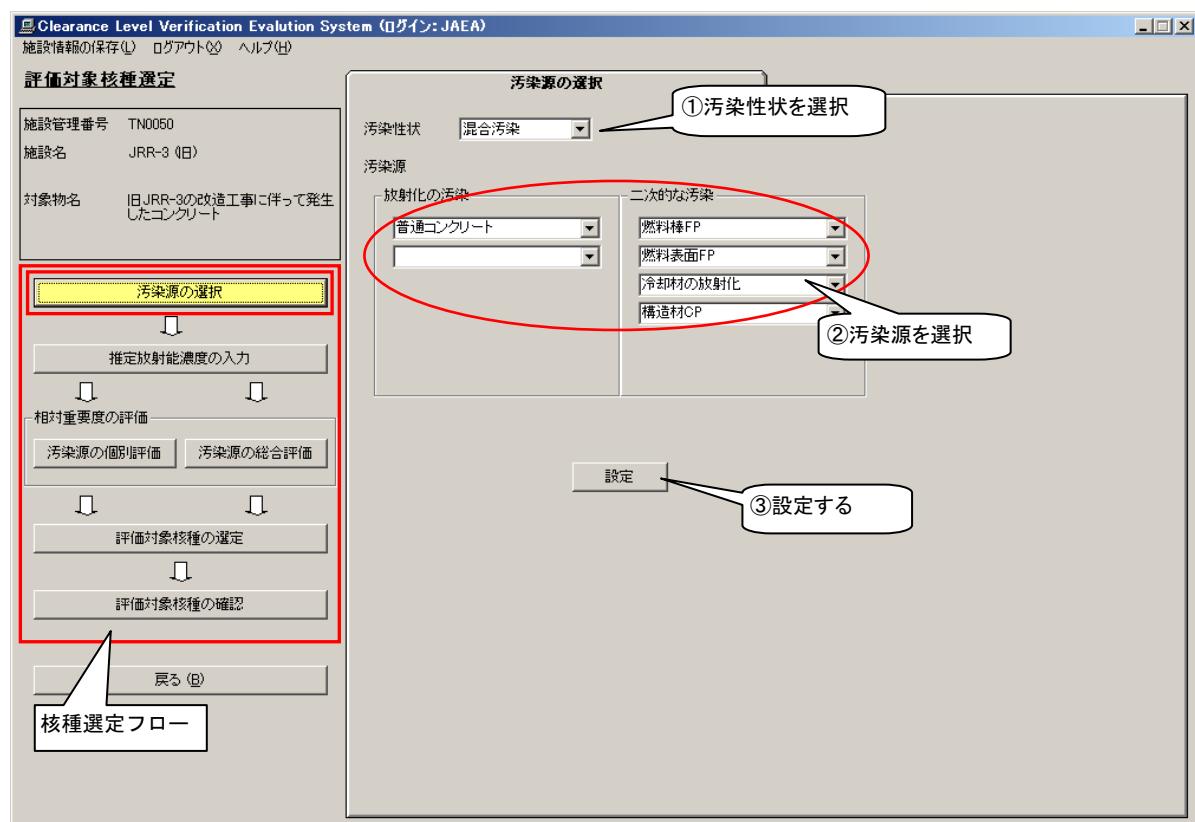


図2 【汚染源の選択】画面

①汚染性状【入力項目】

汚染性状には、クリアランス対象物の汚染性状を【汚染性状】コンボボックスをクリックして表示されるリスト（放射化の汚染、二次的な汚染、混在汚染）の中から選択して下さい。

②汚染源【入力項目・選択項目】

汚染源には、選択した汚染性状に応じた【汚染源】コンボボックスをクリックして表示されるリストの中から選択して下さい。リストには、デフォルトとして以下の汚染源が登録されています。

放射化の汚染:普通コンクリート、重コンクリート、ステンレス、炭素鋼、アルミニウム

二次的な汚染:燃料棒 FP、燃料表面 FP、構造材 CP、冷却材の放射化

リスト中に該当する汚染源が無い場合は、空白を選択し、汚染源の名称をテキスト（max 全角13字）で入力して下さい。

汚染源を選択又は新規に入力すると、新たな【汚染源】コンボボックスが作成されますので、複数の汚染源が有る場合に使用して下さい。なお、放射化の汚染では、最大6つの汚染源、二次的な汚染では、最大4つの汚染源を登録することが可能です。

【汚染性状】に混在汚染を選択した場合、放射化の汚染と二次的な汚染の両方の汚染源を設定して下さい。

2. 推定放射能濃度の入力

推定放射能濃度の入力では、【汚染源の選択】で設定した汚染源毎に推定放射能濃度等を入力します。

核種選定フローにおいて【推定放射能濃度の入力】ボタンを押すと図3に示す【推定放射能濃度の入力】画面が表示されます。

ここでは、選択する汚染性状の汚染源毎に規制33核種の推定放射能濃度等、単位、評価日、切捨て濃度を設定して下さい。

先ず、【汚染性状】タブにより推定放射能濃度を入力する汚染性状を選択して下さい。

次に、選択した汚染性状の汚染源毎に該当する【評価日】セルをダブルクリックして表示されるカレンダーから入力する推定放射能濃度等を算出した日付を選択して下さい。さらに、【単位】セルをダブルクリックして表示されるリストから入力する推定放射能濃度等の単位を選択して下さい。そして、【核種】セルをダブルクリックして規制33核種の推定放射能濃度を入力して下さい。

最後に、画面下部右側に示す【切捨て濃度】を入力して下さい。

設定終了後、画面下部中央にある【設定】ボタンを押して下さい。

図3 【推定放射能濃度の入力】画面

①汚染性状

汚染性状には、【汚染源の選択】において設定した汚染性状（放射化の汚染、二次的な汚染、混在汚染）が表示されます。

②汚染源

汚染源には、【汚染源の選択】において設定した全ての汚染源が表示されます。

推定放射能濃度リスト

推定放射能濃度リストには、【汚染源の選択】において設定した汚染性状タブ（放射化の汚染又は二次的な汚染）が表示されます。

汚染性状に混在汚染を設定した場合、【放射化の汚染】と【二次的な汚染】の二種類の汚染性状タブが表示されますので、タブにより汚染性状を切り換えて、以下の項目を設定して下さい。

リストの左側には核種の名称、クリアランスレベル CL（単位：Bq/g）、半減期 T（単位：y(年)、d(日)、h(時)、m(分)、s(秒)）が表示されます。

①評価日【選択項目】

評価日 t_{aEST} （汚染源の評価日）には、該当するセルをダブルクリックして表示されるカレンダーから各汚染源の推定放射能濃度等を算出した日付（西暦）を選択して下さい。

②単位【選択項目】

単位には、入力する推定放射能濃度等の単位を該当するセルをダブルクリックして表示されるリスト（Bq/g、Bq/cm²、Bq/L、Bq/cm³、Bq、－）から選択して下さい。

③汚染源

汚染源には、【汚染源の選択】において設定した汚染性状に応じた汚染源が登録順に左側から表示されます。

④ D_{ai} 、 D_{si}

D_{ai} 又は D_{si} は、【汚染源の選択】においてそれぞれ放射化の汚染又は二次的な汚染の汚染源として i 番目に登録したものの略記号であり、システムにより自動的に設定されます。放射化の汚染で汚染源 i の評価日 t_{aEST} における核種 j の推定放射能濃度等は D_{aij0} とし、二次的な汚染で汚染源 i の評価日 t_{aEST} における核種 j の推定放射能濃度は D_{sij0} とする。

⑤推定放射能濃度【入力項目】

推定放射能濃度には、核種毎の推定放射能濃度等を数値（max 8字(半角)）で以下の書式により入力して下さい。単位：Bq/g、Bq/cm²、Bq/L、Bq/cm³、Bq、－。

例 1.00E-01

なお、推定放射能濃度等を入力しない核種は、以降の評価において推定放射能濃度等が「0」として取り扱われます。

⑥切捨て濃度【入力項目】

切捨て濃度には、評価対象核種の評価を行う際に有効な推定放射能濃度等の最小値を数値（max

8字(半角))で以下の書式により入力して下さい。単位：Bq/g、Bq/cm²、Bq/L、Bq/cm³、Bq、－。

例 1.00E-01

なお、切捨て濃度未満の推定放射能濃度等は、以降の評価において「0」として取り扱われます。

3. 相対重要度の評価

相対重要度の評価では、汚染性状に応じた汚染源毎の推定放射能濃度等を用いて、相対重要度、相対重要度比等の評価を行います。

ここでは、【汚染源の個別評価】において個別評価法を用いて汚染源毎に相対重要度等を評価し、【汚染源の総合評価】において総合評価法を用いて汚染性状毎に相対重要度等を評価します。

3.1 汚染源の個別評価

汚染源の個別評価では、汚染源毎に相対重要度等の評価を行います。

核種選定フローにおいて【相対重要度の評価】における【汚染源の個別評価】ボタンを押すと図4に示す【汚染源の個別評価】画面が表示されます。

ここでは、評価日（評価対象核種設定日）を設定し、汚染源毎の相対重要度、相対重要度比等を算出して下さい。

まず、画面上部左側にある【評価日変更】ボタンを押して相対重要度等の評価日（評価対象核種設定日）を設定し、評価を行う汚染性状を【汚染性状】タブにより切り換えて下さい。

次に、画面下部右側にある【相対重要度の計算】ボタンを押すことにより汚染源毎の相対重要度、相対重要度比等を算出して下さい。

なお、【相対重要度の計算】ボタンを押さないで表示されている数値は、以前評価を行った値が表示されていますので注意して下さい。

設定終了後、画面下部中央にある【設定】ボタンを押して下さい。汚染性状が混在汚染の場合、放射化の汚染と二次的な汚染の両方について評価して下さい。【設定】ボタンを押さずに汚染性状タブを変更すると評価結果は反映されません。

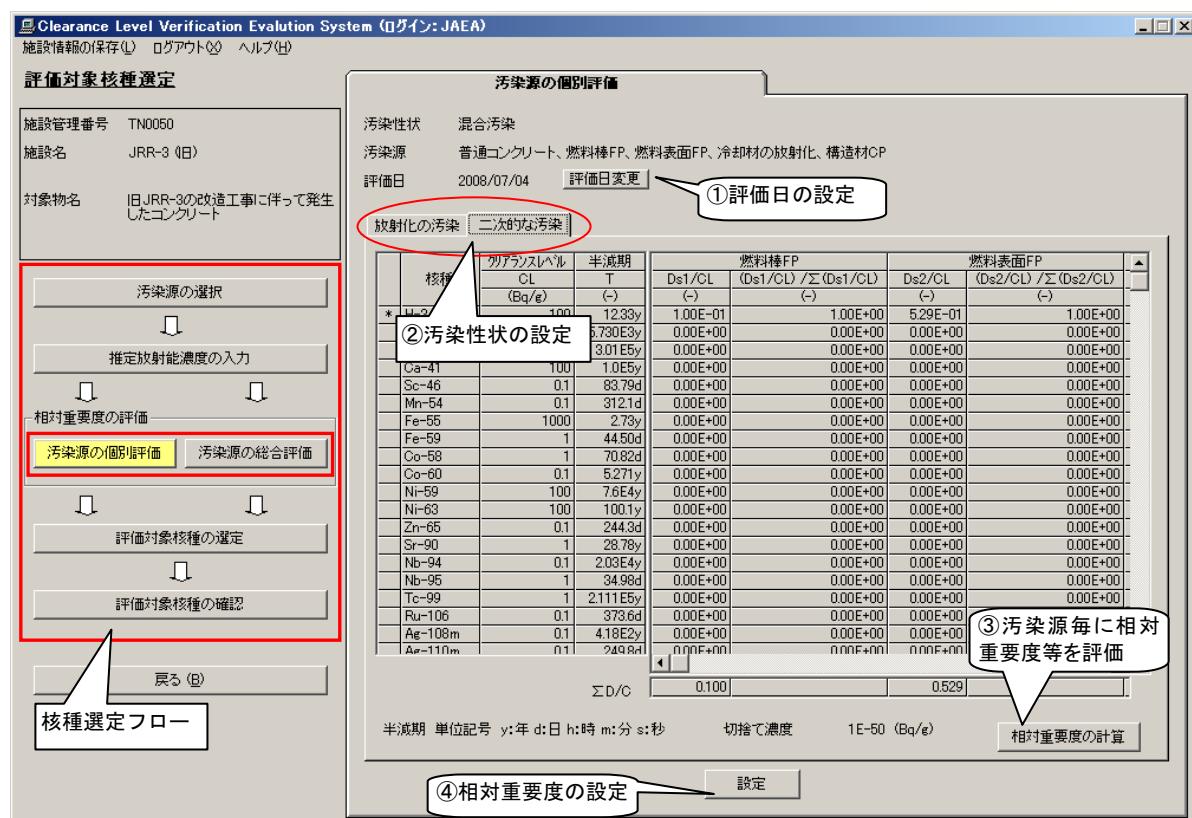


図4 【汚染源の個別評価】画面

①汚染性状

汚染性状には、【汚染源の選択】において設定した汚染性状（放射化の汚染、二次的な汚染、混在汚染）が表示されます。

②汚染源

汚染源には、【汚染源の選択】において設定した全ての汚染源が表示されます。

③評価日【選択項目】

評価日（評価対象核種設定日）には、【設定日変更】ボタンを押して表示されるカレンダーから相対重要度等を評価する日付（西暦）を選択して下さい。混在汚染の場合、相対重要度等の評価は、放射化の汚染及び二次的な汚染とも同一の評価日（評価対象核種設定日）で行って下さい。

推定放射能濃度リスト

推定放射能濃度リストには、【汚染源の選択】において設定した汚染性状タブ（放射化の汚染又は二次的な汚染）が表示されます。

汚染性状に混在汚染を設定した場合、【放射化の汚染】と【二次的な汚染】の二種類の汚染性状タブが表示されますので、タブにより汚染性状を切り換えて、以下の項目を設定して下さい。

リストの左側には核種の名称、クリアランスレベル CL（単位：Bq/g）、半減期 T（単位：y(年)、d(日)、h(時)、m(分)、s(秒)）が表示されます。

○放射化の汚染

①相対重要度 D_{ai}/CL 【計算結果】

D_{ai}/CL には、【相対重要度の計算】ボタンを押すと【推定放射能濃度の入力】において設定した汚染源 i の核種 j の推定放射能濃度等 D_{aj} を核種 j のクリアランスレベル CL_j で割った値（相対重要度等）を算出し、表示されます。単位：推定放射能濃度の単位により異なる。

②相対重要度比 $(D_{ai}/CL)/\sum(D_{ai}/CL)$ 【計算結果】

$(D_{ai}/CL)/\sum(D_{ai}/CL)$ には、【相対重要度の計算】ボタンを押すと $[D_{ai}/CL]$ の計算結果を用いて汚染源 i の規制 33 核種の相対重要度等 D_{aj}/CL_j の和である $\sum(D_{aj}/CL_j)$ を求め、汚染源 i の核種 j の相対重要度比等 $(D_{aj}/CL_j)/\sum(D_{aj}/CL_j)$ の値を算出し、表示されます。単位：－。

③ $\sum D/C$ 【計算結果】

$\sum D/C$ には、【相対重要度の計算】ボタンを押すと汚染源 i の規制 33 核種の相対重要度等 D_{aj}/CL_j の和である $\sum(D_{aj}/CL_j)$ の値を算出し、表示されます。単位：－。

④切捨て濃度

切捨て濃度には、【推定放射能濃度の入力】で設定した評価対象核種の評価を行う際に有効な推定放射能濃度等の最小値が表示されます。単位：【推定放射能濃度の入力】において設定した単位。

○二次的な汚染

①相対重要度 D_{si}/CL 【計算結果】

D_{si}/CL には、【相対重要度の計算】ボタンを押すと【推定放射能濃度の入力】において設定した

汚染源 i の核種 j の推定放射能濃度等 D_{sij} を核種 j のクリアランスレベル CL_j で割った値（相対重要度等）を算出し、表示されます。単位：推定放射能濃度等の単位により異なる。

②相対重要度比 $(D_{si}/CL)/ \Sigma (D_{si}/CL)$

$(D_{si}/CL)/ \Sigma (D_{si}/CL)$ には、【相対重要度の計算】ボタンを押すと【 D_{si}/CL 】の計算結果を用いて汚染源 i の規制 33 核種の相対重要度等 D_{sij}/CL_j の和である $\Sigma (D_{sij}/CL_j)$ を求め、汚染源 i の核種 j の相対重要度比等 $(D_{sij}/CL_j)/ \Sigma (D_{sij}/CL_j)$ の値を算出し、表示されます。単位：－。

③ $\Sigma D/C$ 【計算結果】

$\Sigma D/C$ には、【相対重要度の計算】ボタンを押すと汚染源 i の規制 33 核種の相対重要度等 D_{sij}/CL_j の和である $\Sigma (D_{sij}/CL_j)$ の値を算出し、表示されます。単位：－。

④切捨て濃度

切捨て濃度には、【推定放射能濃度の入力】で設定した評価対象核種の評価を行う際に有効な推定放射能濃度等の最小値が表示されます。単位：【推定放射能濃度の入力】において設定した単位。

3.2 汚染源の総合評価

汚染源の総合評価では、汚染性状毎に相対重要度等の評価を行います。

核種選定フローにおいて【相対重要度の評価】における【汚染源の総合評価】ボタンを押すと図5に示す【汚染源の総合評価】画面が表示されます。

ここでは、評価日（評価対象核種設定日）を設定し、汚染性状毎の推定放射能濃度等を求め、汚染性状毎の相対重要度、相対重要度比等を算出して下さい。

まず、画面上部左側にある【評価日変更】ボタンを押して相対重要度等の評価日（評価対象核種設定日）を設定し、評価を行う汚染性状を【汚染性状】タブにより切り換えて下さい。

次に、画面下部右側にある【濃度合計の計算】ボタンを押すことにより汚染性状毎の推定放射能濃度等（濃度合計）を算出し、【相対重要度の計算】ボタンを押すことにより汚染性状毎の相対重要度、相対重要度比等を算出して下さい。

なお、【濃度合計の計算】ボタン及び【相対重要度の計算】ボタンを押さないで表示されている数値は、以前評価を行った値が表示されていますので、注意して下さい。

設定終了後、画面下部中央にある【設定】ボタンを押して下さい。汚染性状が混在汚染の場合、放射化の汚染と二次的な汚染の両方について評価して下さい。【設定】ボタンを押さずに汚染性状タブを変更すると評価結果は反映されません。

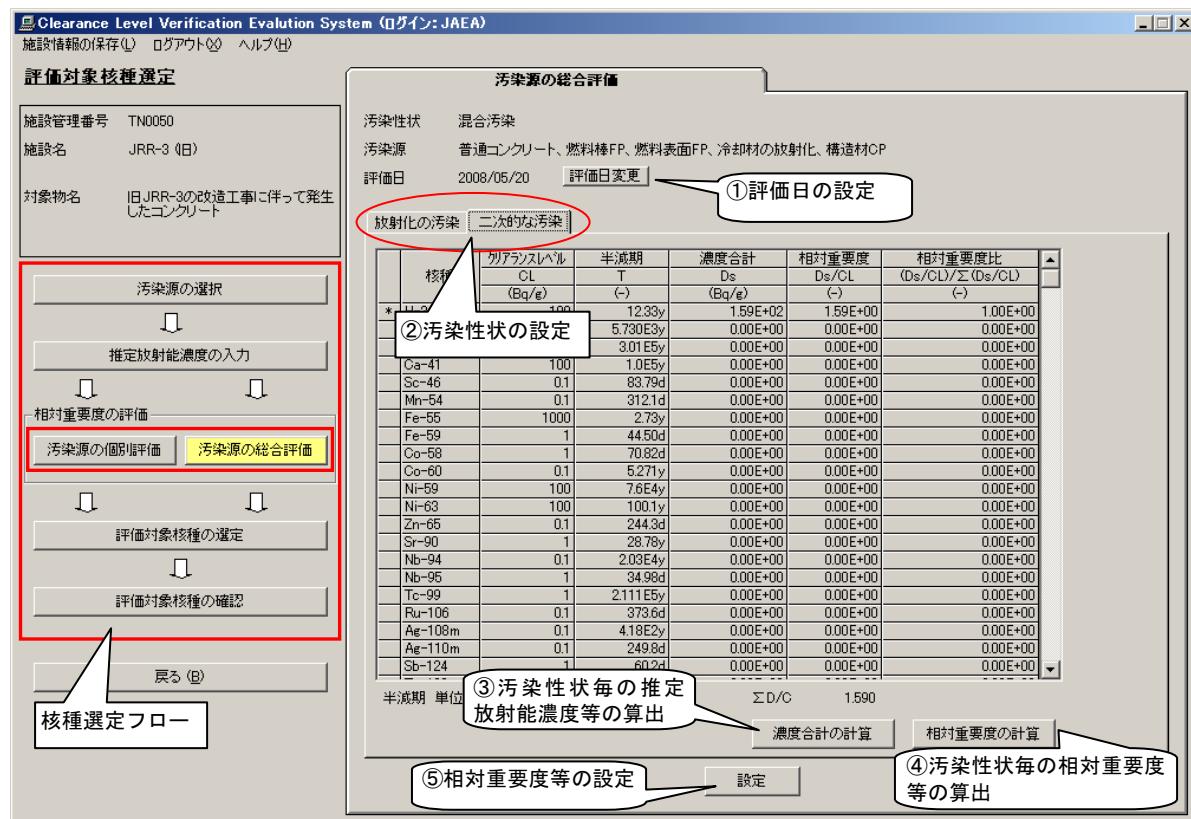


図5 【汚染源の総合評価】画面

①汚染性状

汚染性状には、【汚染源の選択】において設定した汚染性状（放射化の汚染、二次的な汚染、混

在汚染) が表示されます。

②汚染源

汚染源には、【汚染源の選択】において設定した全ての汚染源が表示されます。

③評価日 【選択項目】

評価日（評価対象核種設定日）には、【評価日変更】ボタンを押して表示されるカレンダーから相対重要度等を評価する日付（西暦）を選択して下さい。混在汚染の場合、相対重要度等の評価は、放射化の汚染及び二次的な汚染とも同一の評価日（評価対象核種設定日）で行って下さい。

推定放射能濃度リスト

推定放射能濃度リストには、【汚染源の選択】において設定した汚染性状タブ（放射化の汚染又は二次的な汚染）が表示されます。

汚染性状に混在汚染を設定した場合、【放射化の汚染】と【二次的な汚染】の二種類の汚染性状タブが表示されますので、タブにより汚染性状を切り換えて、以下の項目を設定して下さい。

リストの左側には核種の名称、クリアランスレベル CL（単位：Bq/g）、半減期 T（単位：y(年)、d(日)、h(時)、m(分)、s(秒)）が表示されます。

○放射化の汚染

①濃度合計 D_a 【計算結果】

濃度合計 D_a には、【濃度合計の計算】ボタンを押すと【推定放射能濃度の入力】において登録した汚染源毎の核種 j の推定放射能濃度等の和 D_{aj} を算出し、表示されます。単位：推定放射能濃度等の単位により異なる。

②相対重要度 D_a/CL 【計算結果】

相対重要度 D_a/CL には、【相対重要度の計算】ボタンを押すと【濃度合計 D_a 】の計算結果を核種 j のクリアランスレベル CL_j で割った値（相対重要度等）を算出し、表示されます。単位：推定放射能濃度の単位により異なる。

③相対重要度比(D_a/CL)/ $\Sigma(D_a/CL)$ 【計算結果】

$(D_a/CL)/\Sigma(D_a/CL)$ には、【相対重要度の計算】ボタンを押すと【相対重要度 D_a/CL 】の計算結果を用いて規制 33 核種の相対重要度等 D_{aj}/CL_j の和である $\Sigma(D_{aj}/CL_j)$ を求め、核種 j の相対重要度比等 $(D_{aj}/CL_j)/\Sigma(D_{aj}/CL_j)$ の値を算出し、表示されます。単位：-。

④ $\Sigma D/C$ 【計算結果】

$\Sigma D/C$ には、【相対重要度の計算】ボタンを押すと規制 33 核種の相対重要度等 D_{aj}/CL_j の和である $\Sigma(D_{aj}/CL_j)$ の値を算出し、表示されます。単位：-。

○二次的な汚染

①濃度合計 D_s 【計算結果】

濃度合計 D_s には、【濃度合計の計算】ボタンを押すと【推定放射能濃度の入力】において登録した汚染源毎の核種 j の推定放射能濃度等の和 D_{sj} を算出し、表示されます。単位：推定放射能濃度等の単位により異なる。

②相対重要度 D_s/CL 【計算結果】

相対重要度 D_s/CL には、【相対重要度の計算】ボタンを押すと【濃度合計 D_s 】の計算結果を核種 j のクリアランスレベル CL_j で割った値（相対重要度等）を算出し、表示されます。単位：推定放射能濃度等の単位により異なる。

③相対重要度比(D_s/CL)/ $\Sigma(D_s/CL)$ 【計算結果】

(D_s/CL)/ $\Sigma(D_s/CL)$ には、【相対重要度の計算】ボタンを押すと【相対重要度 D_s/CL 】の計算結果を用いて規制 33 核種の相対重要度等 D_s/CL の和である $\Sigma(D_{sj}/CL_j)$ を求め、核種 j の相対重要度比等(D_{sj}/CL_j)/ $\Sigma(D_{sj}/CL_j)$ の値を算出し、表示されます。単位：－。

④ $\Sigma D/C$ 【計算結果】

$\Sigma D/C$ には、【相対重要度の計算】ボタンを押すと規制 33 核種の相対重要度等 D_{sj}/CL_j の和である $\Sigma(D_{sj}/CL_j)$ の値を算出し、表示されます。単位：－。

4. 評価対象核種の選定

評価対象核種の選定では、汚染性状又は汚染源毎の相対重要度等を用いて、重要核種を考慮する METI 方式又は重要核種を考慮しない MEXT 方式に応じた評価対象核種を選定します。

核種選定フローにおける【評価対象核種の選定】ボタンを押すと図 6 に示す【評価対象核種の選定】画面が表示されます。

ここでは、汚染源、評価対象核種の選定方法、評価対象核種、支配的な汚染の割合を設定して下さい。

まず、評価対象核種の選定を行う汚染性状を【放射化の汚染】タブ又は【二次的な汚染】タブより選択して下さい。また、【相対重要度の評価】において【汚染源の個別評価】を選択した場合、【汚染源】コンボボックスのリストから汚染源を選択して下さい。

次に、【評価対象核種の選定方法】として重要核種を考慮する場合は【METI】チェックボック、重要核種を考慮しない場合は【MEXT】チェックボックスをチェックして下さい。

次に、画面下部に表示される評価対象核種の $\Sigma D/C$ 、評価対象核種の $\Sigma D/C$ の割合、 $\Sigma D/C$ の値を確認し、【評価対象核種】リストに表示される核種について、画面中央右側にある【追加】ボタン又は【削除】ボタンを用いて、核種の追加又は削除を行って下さい。

さらに、汚染性状が混在汚染で、【相対重要度の評価】において【汚染源の総合評価】を選択した場合、画面下部において、【汚染の割合】を入力して支配的な汚染を計算により評価し、【支配的な汚染】コンボボックスのリストから支配的な汚染の汚染性状を選択して下さい。

設定終了後、画面下部中央にある【設定】ボタンを押して下さい。

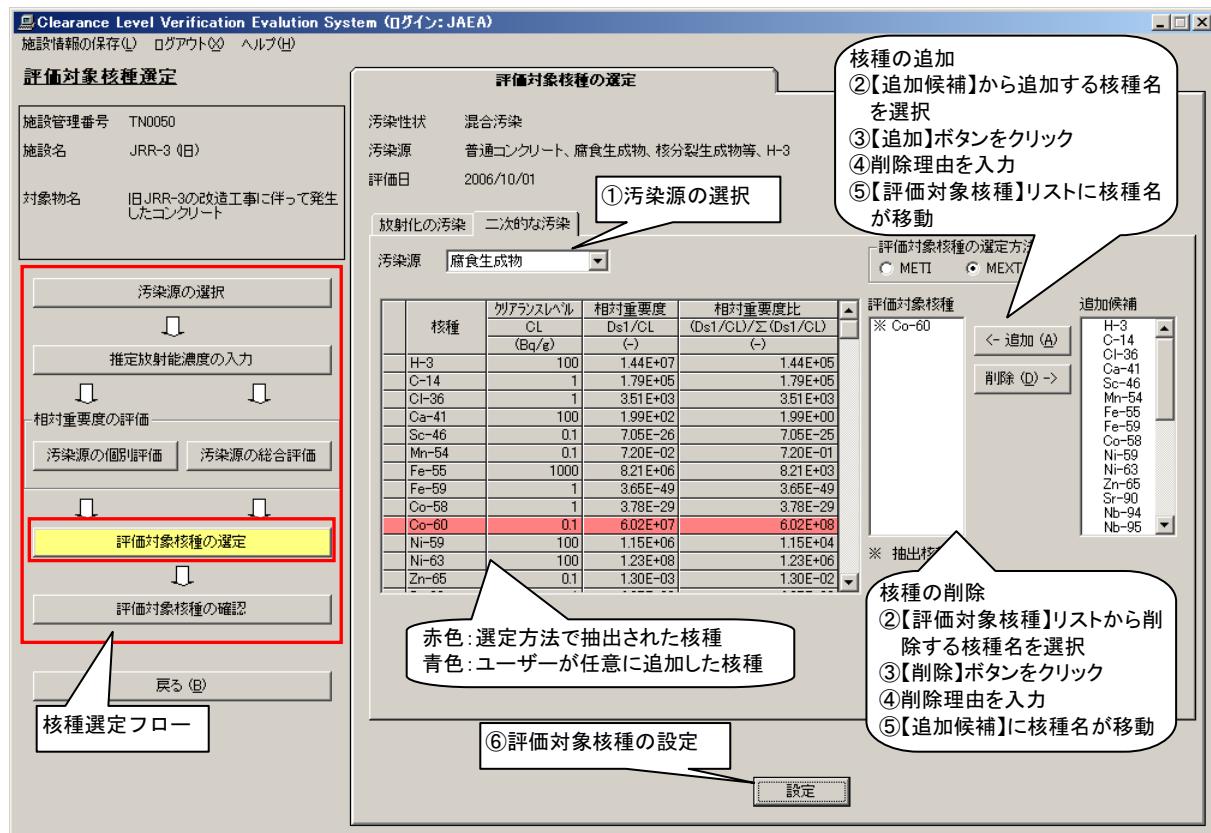


図 6 【評価対象核種の選定】画面（汚染源の個別評価）

①汚染性状

汚染性状には、【汚染源の選択】において設定した汚染性状（放射化の汚染、二次的な汚染、混在汚染）が表示されます。

②汚染源

汚染源には、【汚染源の選択】において設定した全ての汚染源が表示されます。

③評価日

評価日（評価対象核種設定日）には、【汚染源の個別評価】又は【汚染源の総合評価】において設定した相対重要度等を評価する日付（西暦）が表示されます。

相対重要度リスト

ユーザーが現在選択している核種については、核種名の左側に「*」が表示されます。

相対重要度リストには、【汚染源の選択】において設定した汚染性状タブ（放射化の汚染又は二次的な汚染）が表示されます。汚染性状に混在汚染を設定した場合、【放射化の汚染】と【二次的な汚染】の二種類の汚染性状タブが表示されますので、タブにより汚染性状、【汚染源】コンボボックスにより汚染源を切り換えて全ての汚染源について以下の項目を設定して下さい。

リストの左側には、核種の名称、クリアランスレベル CL (Bq/g) が表示されます。

【相対重要度】枠には、【評価対象核種の選定方法】で選択した方法により抽出された核種について、赤色塗りされて表示され、ユーザーが選択した核種については、青色で表示されます。

①相対重要度 D_a/CL 、 D_s/CL

相対重要度 D_a/CL 、 D_s/CL の欄には、【汚染源の個別評価】で算出した汚染源毎の相対重要度等又は【汚染源の総合評価】で算出した汚染性状毎の相対重要度等が表示されます。単位：－。

②相対重要度比 $(D_a/CL)/\sum(D_{sa}/CL)$ 、 $(D_s/CL)/\sum(D_s/CL)$

$(D_a/CL)/\sum(D_{sa}/CL)$ 、 $(D_s/CL)/\sum(D_s/CL)$ には、【汚染源の個別評価】で算出した汚染源毎の相対重要度比等又は【汚染源の総合評価】で算出した汚染性状毎の相対重要度比等が表示されます。単位：－。

評価対象核種の選択

①評価対象核種の選定方法【選択項目】

評価対象核種の選定方法には、重要核種を考慮する場合【METI】チェックボックス又は重要核種を考慮しない場合【MEXT】チェックボックスから評価対象核種の選定方法を設定して下さい。

METI 方式：重要放射性核種である 10 核種 (H-3、Mn-54、Co-60、Sr-90、Cs-134、Cs-137、Eu-152、Eu-154、Pu-239、Am-241) と $\Sigma D/C$ が 90% を越えるものが、評価対象核種として選定されます。

MEXT 方式： $\Sigma D/C$ が 90% を越えるものが、評価対象核種として選定されます。

②評価対象核種【選択項目】

【評価対象核種】枠には、設定した評価対象核種の選定方法で抽出された核種の名称が表示されます。

核種の名称の左側に表示される「※」印は、設定した評価対象核種の選定方法で抽出された核種（抽出核種）を表示しています。

なお、独自に評価対象核種を選定する場合は、右側の【追加候補】枠の中から任意の核種を選択し、【追加】ボタンを押して下さい。追加された核種は、左側の【評価対象核種】枠に核種の名称が追加されるとともに、左側の【相対重要度】枠の該当する核種が水色塗りされます。

【追加候補】枠には、規制 33 核種から【評価対象核種】枠に表示された以外の核種の名称が表示されます。

【評価対象核種】枠から核種を削除する場合、該当する核種を選択し、【削除】ボタンを押して下さい。削除された核種は、右側の【追加核種】枠に核種名が追加されるとともに、左側の【相対重要度】枠の該当する核種の色が消去されます。

③支配的な汚染【入力項目、選択項目】

【汚染源の選択】において【汚染性状】に混在汚染を選択し、相対重要度の評価において【汚染源の総合評価】を選択した場合、クリアランス対象物における【支配的な汚染】の選定を行って下さい。図 7に示す画面下の【設定】ボタンを押すと計算式の下に、その結果が表示されます。

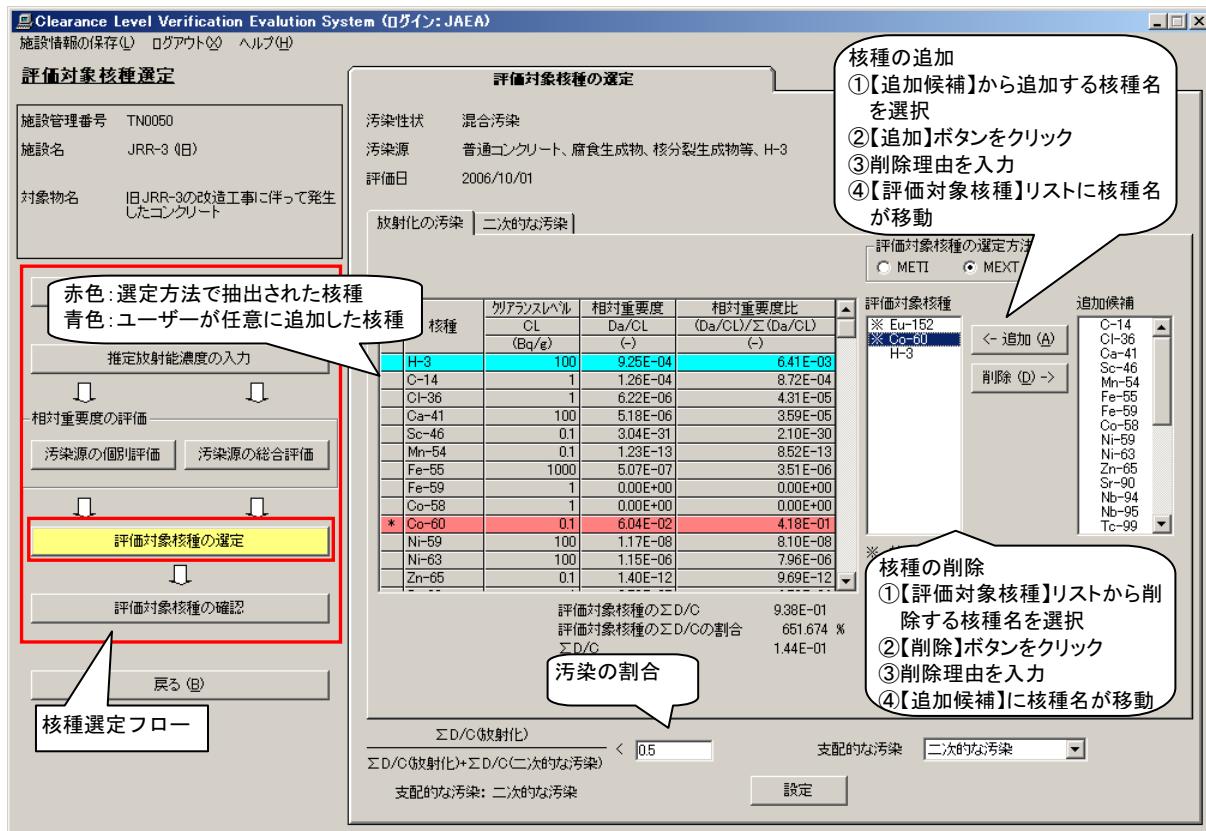


図 7 【評価対象核種の選定】画面（汚染源の総合評価）

最後に、評価結果に基づいて、【支配的な汚染】コンボボックスの中からユーザーが任意に支配的な汚染を選択して下さい。

5. 評価対象核種の確認

評価対象核種の確認では、【評価対象核種の選定】において選定した評価対象核種を最終的に確定します。

核種選定フローにおける【評価対象核種の確認】ボタンを押すと図8に示す【評価対象核種の確認】画面が表示されます。

ここでは、評価対象核種の選定結果を確認し、評価対象核種を確定して下さい。

まず、【評価対象核種の選定結果】に表示される汚染源又は汚染性状の相対重要度比等の算出結果を確認して下さい。

次に、【評価対象核種の確定】において【追加】ボタン又は【削除】ボタンを用いて評価対象核種を変更して下さい。

設定終了後、画面下部中央にある【設定】ボタンを押して下さい。

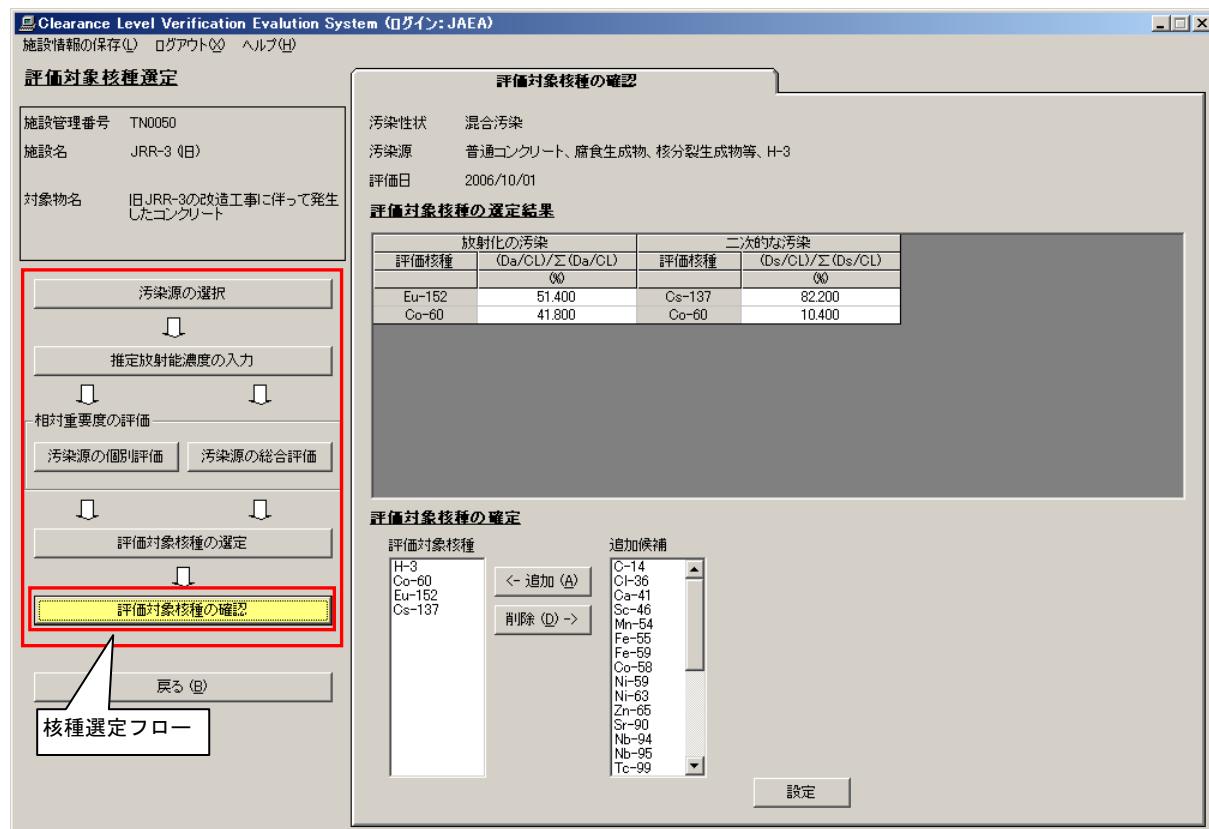


図8 【評価対象核種の確認】画面

評価対象核種の選定結果

【評価対象核種の選定】において設定した汚染源又は汚染性状毎の評価対象核種と相対重要度比等が表示されます。

①評価対象核種

【評価対象核種の選定】において設定した核種の名称が表示されます。

②相対重要度比 $D_a/CL / \sum D_a/CL$ 、 $D_s/CL / \sum D_s/CL$ 、 $D_{ai}/CL / \sum D_{ai}/CL$ 、 $D_{si}/CL / \sum D_{si}/CL$

【評価対象核種の選定】において選定した核種の相対重要度比等の評価結果 ($D_a/CL / \sum D_a/CL$ 、 $D_{ai}/CL / \sum D_{ai}/CL$) 又は ($D_s/CL / \sum D_s/CL$ 、 $D_{si}/CL / \sum D_{si}/CL$) が表示されます。単位 : %

評価対象核種の確定【選択項目】

【評価対象核種】枠には、【評価対象核種の選定】において選定した核種の名称が表示されます。

新たに核種を追加する場合は、右側の【追加候補】枠の中から任意の核種を選択し、【追加】ボタンを押して下さい。追加された核種は、【評価対象核種】枠に核種名が追加されます。

【追加候補】枠には、規制 33 核種から【評価対象核種】枠に表示された以外の核種名が表示されます。

【評価対象核種】枠から核種を削除する場合、該当する核種を選択し、【削除】ボタンを押して下さい。削除された核種は、右側の【追加核種】枠に核種名が追加されます。

国際単位系 (SI)

表1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m^2
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s^2
波数	毎メートル	m^{-1}
密度、質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m^3
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m^2
比体積	立方メートル毎キログラム	m^3/kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m^2
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
質量濃度 ^(a)	モル毎立方メートル	mol/m^3
質量濃度 ^(b)	キログラム毎立方メートル	kg/m^3
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m^2
屈折率 ^(b)	(数字の) 1	1
比透磁率 ^(b)	(数字の) 1	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床医学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。

(b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	$1^{(b)}$	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	$1^{(b)}$	m^2/m^2
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz	1	s^{-1}
力	ニュートン	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
圧力、応力	パスカル	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
エネルギー、仕事、熱量	ジュール	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^2$
仕事率、工率、放射束	ワット	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
電荷、電気量	クーロン	C		$s \cdot A$
電位差(電圧)、起電力	ボルト	V		$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
静電容量	ファラード	F		C/V
電気抵抗	オーム	Ω		$m^2 \cdot kg \cdot s^3 \cdot A^{-2}$
コンダクタンス	シーメンス	S		A/V
磁束密度	テスラ	Wb		$m^2 \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
磁束密度	東エーパ	T		Wb/m^2
インダクタンス	ヘンリー	H		$kg \cdot s^2 \cdot A^{-1}$
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		Wb/A
光束度	ルーメン	lm		K
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		$cd \cdot sr^{(c)}$
吸収線量、比エネルギー分与、カーマ	グレイ	Gy		cd
線量当量、周辺線量当量、方向性線量当量、個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv		lm/m^2
酸素活性	カタール	kat		$m^2 \cdot cd$

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。

(b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際に、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。

(c) 測光学ではステラジアンという名前と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。

(d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。

(e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す數値はどちらの単位で表しても同じである。

(f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で“radioactivity”と記される。

(g) 単位シーベルト (PV,2002,70,205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa s	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	$m^2 \cdot kg \cdot s^2$
表面張力	ニュートン每メートル	N/m	$kg \cdot s^2$
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}=s^{-1}$
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}=s^{-2}$
熱流密度、放射照度	ワット毎平方メートル	W/m ²	$kg \cdot s^{-3}$
熱容量、エンタルピー	ジュール每ケルビン	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
比熱容量、比エンタルピー	ジュール每キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
比エネルギー	ジュール每キログラム	J/kg	$m^3 \cdot s^{-2}$
熱伝導率	ワット每メートル毎ケルビン	W/(m K)	$kg \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$
体積エネルギー	ジュール每立方メートル	J/m ³	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^2$
電界の強さ	ボルト每メートル	V/m	$kg \cdot s^3 \cdot A^{-1}$
電荷密度	クーロン每立方メートル	C/m ³	$m^{-3} \cdot sA$
表面電荷密度	クーロン每平方メートル	C/m ²	$m^{-2} \cdot sA$
電束密度、電気変位	クーロン每平方メートル	C/m ²	$m^{-2} \cdot sA$
誘電率	ファラード每メートル	F/m	$m^{-3} \cdot kg \cdot s^{-4} \cdot A^2$
透磁率	ヘンリー每メートル	H/m	$m \cdot kg \cdot s^2 \cdot A^2$
モルエネルギー	ジュール每モル	J/mol	$m^2 \cdot kg \cdot s^2 \cdot mol^{-1}$
モルエンタルピー、モル熱容量	ジュール每モル毎ケルビン	J/(mol K)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
照射線量(X線及びγ線)	クーロン每キログラム	C/kg	$kg^{-1} \cdot sA$
吸収線量	グレイ毎秒	Gy/s	$m^3 \cdot s^{-3}$
放射強度	ワット每ステラジアン	W/sr	$m^4 \cdot m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}=m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
放射輝度	ワット每平方メートル每ステラジアン	W/(m ² sr)	$m^2 \cdot m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}=kg \cdot s^{-3}$
酵素活性濃度	カタール每立方メートル	kat/m ³	$m^{-3} \cdot s^{-1} \cdot mol$

表5. SI接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10^{24}	ヨタ	Y	10^{-1}	デシ	d
10^{21}	ゼタ	Z	10^{-2}	センチ	c
10^{18}	エクサ	E	10^{-3}	ミリ	m
10^{15}	ペタ	P	10^{-6}	マイクロ	μ
10^{12}	テラ	T	10^{-9}	ナノ	n
10^9	ギガ	G	10^{-12}	ビ	p
10^6	メガ	M	10^{-15}	フェムト	f
10^3	キロ	k	10^{-18}	アト	a
10^2	ヘクト	h	10^{-21}	ゼット	z
10^1	デカ	da	10^{-24}	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	$1^\circ=(\pi/180) \text{ rad}$
分	'	$1'=(1/60)^\circ=(\pi/10800) \text{ rad}$
秒	"	$1''=(1/60)'=(\pi/648000) \text{ rad}$
ヘクタール	ha	$1ha=1hm^2=10^4 m^2$
リットル	L	$1L=1dm^3=10^3 cm^3=10^{-3} m^3$
トン	t	$1t=10^3 kg$

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	$1eV=1.602 \cdot 176 \cdot 53(14) \times 10^{-19} J$
ダルトン	Da	$1Da=1.660 \cdot 538 \cdot 86(28) \times 10^{-27} kg$
統一原子質量単位	u	$1u=1 Da$
天文単位	ua	$1ua=1.495 \cdot 978 \cdot 706 \cdot 91(6) \times 10^{11} m$

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バル	bar	$1 bar=0.1 MPa=100 kPa=10^5 Pa$
水銀柱ミリメートル	mmHg	$1 mmHg=133.322 Pa$
オングストローム	Å	$1 Å=0.1 nm=100 pm=10^{-10} m$
海里	M	$1 M=1852 m$
バーン	b	$1 b=100 fm^2=(10^{-12} cm)^2=10^{-28} m^2$
ノット	kn	$1 kn=(1852/3600) m/s$
ネバ	Np	$SI \text{単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。}$
ベル	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	$1 erg=10^{-7} J$
ダイナ	dyn	$1 dyn=10^{-5} N$
ボアズ	P	$1 P=1 dyn \cdot s \cdot cm^{-2}=0.1 Pa \cdot s$
ストークス	St	$1 St=1 cm^2 \cdot s^{-1}=10^4 m^2 \cdot s^{-1}$
スチール	sb	$1 sb=1 cd \cdot cm^{-2}=10^4 cd \cdot m^{-2}$
フォント	ph	$1 ph=1 cd \cdot sr \cdot cm^{-2} \cdot 10^4 lx$
ガル	Gal	$1 Gal=1 cm \cdot s^{-2}=10^{-2} ms^{-2}$
マクスウェル	Mx	$1 Mx=1 G \cdot cm^2=10^{-8} Wb$
ガウス	G	$1 G=1 Mx \cdot cm^{-2}=10^{-4} T$
エルステッド	Oe	$1 Oe \approx (10^{1/4} n) A \cdot m^{-1}$

(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「△」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位で表される数値
キュリ	Ci	$1 Ci=3.7 \times 10^{10} Bq$
レントゲン	R	$1 R=2.58 \times 10^4 C/kg$
ラド	rad	$1 rad=1 cGy=10^{-2} Gy$
レム	rem	$1 rem=1 cSv=10^{-2} Sv$
ガンマ	γ	$1 γ=1 nT=10^{-9} T$
フェルミ	fm	$1 \text{フェルミ}=1 fm=10^{-15} m$
メートル系カラット	Torr	$1 \text{ Torr} = (101.325/760) Pa$
標準大気圧	atm	$1 atm = 101.325 Pa$
カロリ	cal	$1 cal=4.1868 J ((15^\circ C) \text{カロリー}), 4.1868 J ((IT) \text{カロリー})$
ミクロ	μ	$1 \mu=1 \mu m=10^{-6} m$

